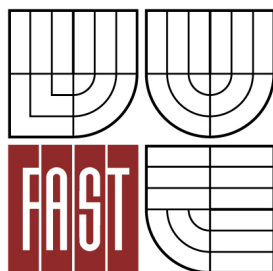




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

EXPERIMENTÁLNÍ STANOVENÍ CHARAKTERISTIK PROUDĚNÍ VZDUCHU Z DISTRIBUČNÍCH PRVKŮ

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE CHARACTERISTICS OF AIR FLOW THE DISTRIBUTION
OF ELEMENTS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. MARTIN EKL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PETR HORÁK, Ph.D.

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

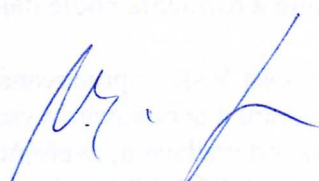
Studijní program N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant Bc. Martin Ekl
Název Experimentální stanovení charakteristik proudění vzduchu z distribučních prvků
Vedoucí diplomové práce Ing. Petr Horák, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce 31. 3. 2012
Datum odevzdání diplomové práce 11. 1. 2013

V Brně dne 31. 3. 2012


.....
doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu


.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT



Podklady a literatura

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony a vyhláškami, normami) pro navrhování zařízení techniky staveb.

A. Analýza tématu, cíle a metody řešení

Analýza zadaného tématu, normové a legislativní podklady

Cíl práce, zvolené metody řešení

Aktuální technická řešení v praxi

Teoretické řešení (s využitím fyzikální podstaty dějů)

Experimentální řešení (popis metody a přístrojové techniky)

Řešení využívající výpočetní techniku popř. modelování.

B. Aplikace tématu na zadané budově - koncepční řešení

Návrh technického řešení ve 2 až 3 variantách v zadané specializaci (včetně doložených výpočtů) v rozpracovanosti rozšířeného projektu pro stavební povolení: půdorysy v měřítku 1:100, stručná technická zpráva

Ideové řešení navazujících profesí TZB (ZTI, UT, VZT) v zadané budově

Hodnocení navržených variant řešení z hlediska vnitřního prostředí, uživatelského komfortu, prostorových nároků, ekonomiky provozu, dopadu na životní prostředí apod.

C1. Experimentální řešení a zpracování výsledků

Experiment realizovaný v laboratoři nebo reálné budově postihující zadanou problematiku.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná část VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



.....
Ing. Petr Horák, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Diplomová práce je zaměřena na problematiku distribuce vzduchu v budovách. Předmětem řešení je koncertní sál. Práce obsahuje tři různé technické návrhy a pohledy na řešení mikroklimatu sálu z hlediska distribuce vzduchu. Součástí je i experiment navazující na jeden z návrhů. Jeho úlohou je stanovení charakteristiky proudění vzduchu z distribučního prvku.

Abstract

The thesis is aimed at the problem of the air distribution in buildings. The object of research is the concert hall. The thesis contains three different technical proposals and technical views of the microclimate concert hall. The microclimate's solutions are focused on the air distribution in the hall. The part of the thesis is an experiment. The experiment continues on the one of the technical proposals. Its purpose is to determine the characteristics of air flowing from diffuser.

Klíčová slova

distribuce vzduchu, koncový element, proudění vzduchu, mikroklima, koncertní sál, vzduchotechnika, experiment

Keywords

air distribution, diffuser, air flow, microclimate, concert hall, ventilation, experiment

Bibliografická citace VŠKP

EKL, Martin. *Experimentální stanovení charakteristik proudění vzduchu z distribučních proků*. Brno, 2013. 110 s., 54 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí diplomové práce Ing. Petr Horák, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci *Experimentální stanovení charakteristik proudění vzduchu z distribučních prvků* vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce za použití všech uvedených zdrojů.

V Brně dne 11. 1. 2013

.....

podpis autora
Bc. MARTIN EKL

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP

Prohlášení

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 11. 1. 2013

.....

podpis autora
Bc. MARTIN EKL

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu diplomové práce Ing. Petrovi Horákovi, Ph.D. za přínosné rady a připomínky, jež mi napomohly k úspěšnému zpracování této práce. Bc. Romanu Pliskovi děkuji za asistenci při provádění experimentu.

OBSAH

A. ANALÝZA TÉMATU	10
A.1 Úvod.....	10
A.2 Cíl práce	10
A.3 Vnitřní prostředí zábavních sálů s hudební produkcí.....	10
A.4 Legislativní, normové, prováděcí předpisy a podklady	13
A.5 Teoretická řešení vs. technická řešení v praxi.....	14
A.6 Experimentální řešení, modelování.....	21
B. APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ.....	22
B.1 Objekt a jeho charakteristika.....	22
B.1.1 Hlavní účel budovy a požadavky na VZT zařízení	22
B.1.2 Základní ukazatele, okrajové podmínky, vstupní hodnoty	23
B.1.3 Rozdělení objektu na funkční celky VZT	25
B.1.4 Vymezení pobytové zóny	27
B.2 Tepelné bilance	28
B.2.1 Výpočet tepelné zátěže.....	28
B.2.2 Výpočet tepelných ztrát	32
B.3 Potřeby vzduchu a návrhové průtoky	33
B.4 Postup návrhu jednotlivých variant	34
B.4.1 Koncepce a návrhy technického řešení.....	34
B.4.2 Návrh distribučních prvků.....	35
B.4.3 Návrh jednotek a úprav vzduchu, h-x diagramy	36
B.4.4 Sestavy VZT jednotek, návrh komponentů, funkce	37
B.5 Posouzení povrchové kondenzace potrubí.....	37
B.6 VARIANTA A	37
B.6.1 Návrh distribučních prvků.....	39
B.6.2 Návrh jednotek a úprav vzduchu, h-x diagramy	39
B.6.3 Sestavy VZT jednotek, návrh komponentů, funkce	43

B.6.4	Posouzení povrchové kondenzace potrubí.....	44
B.7	VARIANTA B	44
B.7.1	Návrh distribučních prvků.....	46
B.7.2	Návrh jednotek a úprav vzduchu	47
B.7.3	Sestavy VZT jednotek, návrh komponentů, funkce	50
B.7.4	Posouzení povrchové kondenzace potrubí.....	51
B.8	VARIANTA C	51
B.8.1	Návrh distribučních prvků.....	53
B.8.2	Návrh jednotek a úprav vzduchu	54
B.8.3	Sestava VZT jednotky, návrh komponentů, funkce	57
B.8.4	Posouzení povrchové kondenzace potrubí.....	58
B.9	Měření a regulace, schéma, popis funkcí	58
B.10	Útlum hluku.....	62
B.11	Hodnocení navržených variant.....	63
B.12	Technická zpráva	68
B.12.1	Úvod	68
B.12.2	Popis VZT zařízení	71
B.12.3	Popis společných prvků a opatření.....	75
B.12.4	Požadavky na navazující profese	76
B.12.5	Pokyny pro montáž	78
B.12.6	Pokyny pro obsluhu, údržbu, bezpečnost práce, zkoušky.....	78
B.12.7	Závěr	80
B.13	Seznam místností.....	81
B.14	Přehled vzduchotechnických zařízení	82
C.	EXPERIMENT.....	83
C.1	Cíl experimentálního řešení	83
C.2	Analýza laboratoře a VZT systému.....	84
C.3	Měřicí přístroje.....	87

<i>C.4 Část 1 - Stanovení charakteristik proudění vzduchu.....</i>	<i>89</i>
<i>C.5 Část 2 - Chování a charakter geometrie proudícího vzduchu</i>	<i>100</i>
<i>C.6 Závěr.....</i>	<i>101</i>
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	103
SEZNAM TABULEK.....	106
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	106
SEZNAM GRAFŮ.....	108
PŘÍLOHY.....	109
SEZNAM VÝKRESŮ.....	110

A. ANALÝZA TÉMATU

A.1 Úvod

Kvalita vnitřního prostředí zábavních center s produkcí hudby, středních koncertních sálů a klubů je často na velmi nízké úrovni. Nejen u nás, ale i v zahraničí je to velký problém. Proto jsem se rozhodl ve své diplomové práci zabývat právě problematikou tvorby vnitřního prostředí těchto prostor.

A.2 Cíl práce

Cílem práce je přiblížení teoretických základů tvorby vnitřního prostředí (interního mikroklimatu), návrhu vzduchotechnického (VZT) zařízení a především volba distribuce v souvislosti s účelem zadané budovy. Teoretické řešení **části A** přibližuje technická řešení, podstaty probíhajících fyzikálních dějů a uvádí i legislativní požadavky související s problematikou VZT systému a jejich návrhu. **Část B** obsahuje aplikaci poznatků z teoretické části. Předmětem jsou tři koncepční návrhy a řešení centrálního VZT systému pro koncertní sál. Každý návrh zastupuje využití jiného druhu distribuce vzduchu v návaznosti na úpravy vzduchu a tím tři různé pohledy na řešení mikroklimatu koncertního sálu. V **části C** se zaměřím na experimentální měření distribučního prvku použitého právě v jednom z technických návrhů. Pokusím se stanovit základní charakter a chování proudění vzduchu při jeho použití.

A.3 Vnitřní prostředí zábavních sálů s hudební produkcí

Jako aktivní muzikant, sportovec a nekuřák se často pohybuji v sálech, kde se pořádají živá vystoupení, produkce hudby, koncerty apod. Bohužel ve většině případů kvalita vnitřního prostředí dosahuje velmi nízké úrovně, a to má i velmi neblahý vliv na zdraví návštěvníků. Není výjimkou tabákový kouř, jako zástupce **odérové složky škodlivin**, tak hustý, že i viditelnost v sále výrazně klesá. Dále se setkáváme s tekoucí zkondenzovanou vodou po stěnách, která je

výsledkem **vlhkostní zátěže**. O nadměrné teplotě z nevykrytí **tepelných zisků** a nedostatku **čerstvého vzduchu** bez nadlimitní **koncentrace CO₂** není třeba hovořit. V lepším případě jsou kluby a sály vybaveny vzduchotechnikou. Přesto vnitřní mikroklima často neodpovídá ideálu. V horším případě VZT vůbec nefunguje nebo chybí. Důvodem může být chyba na straně projekce a realizace nebo vlivem provozovatele. Chyba na straně projekce a realizace bývá volbou špatného konceptu VZT systému, nedostačujícím výkonem, nevhodnou distribucí apod. Chybou na straně provozovatele může být neznalost úlohy a zásadního vlivu VZT zařízení na vnitřní prostředí, špatně zajištěný servis zařízení, jeho stav apod.



Obr. 1: Koncertní sál Sala Apolo, Barcelona

zdroj: [5]

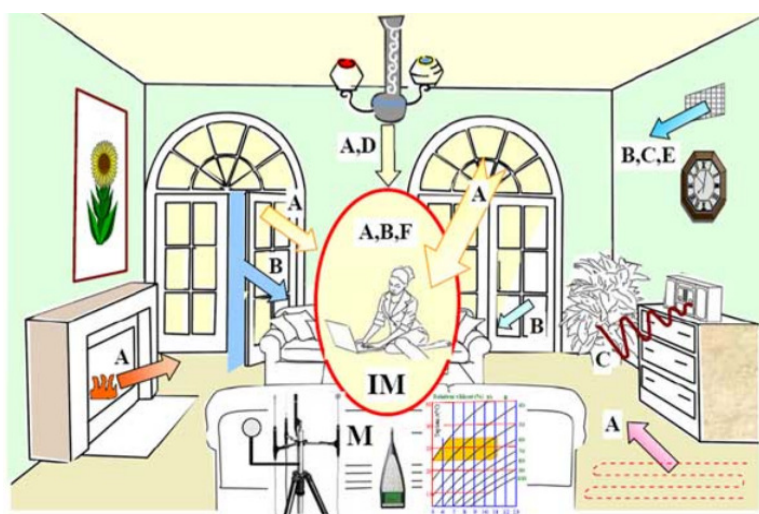


Obr. 2: Koncertní sál Sala Apolo během hudební produkce

zdroj: [6]

Interní mikroklima zábavních sálů je ovlivněno:

- tepelnou zátěží,
- vlhkostní zátěží,
- toxickou zátěží (CO_2),
- škodlivinami (tabákový kouř, prach),
- zátěží akustickou (hluk - netýká se VZT),
- tepelnými ztrátami objektu (malý vliv dle budovy a obsazenosti).



- A – tepelný tok – sálání, proudění;
B – látkový tok – proudění látek;
C – akustický tok – vlnění;
D – světelný tok – záření;
E – látkový tok – emise;
F – percepce – subjektivní;
M – monitorování veličin IM*

Obr. 3: Schéma tvorby vnitřního mikroklimatu

zdroj: [7]

Charakter zábavních sálů pro hudební produkci z hlediska konstrukčního je často velmi podobný. V naprosté většině případů není interiér spojený s exteriérem prostřednictvím oken a dveří. Často jsou sály vybudovány v podzemí, případně tvoří jádro velké budovy. Má to své opodstatnění, především z hlediska vnitřní akustiky sálu, útlumu hluku do vnějšího prostředí a nežádoucího slunečního světla. Tato opatření však přináší větší nároky právě na nucené větrání prostoru, odvádění tepelně - vlhkostní zátěže, osvětlení apod. Velikostní parametry mohou být různé, od menších sálů s malou světlou výškou, až po sály rozlehlé s velkou světlou výškou procházející i přes několik podlaží s ochozy, balkóny apod.

Koncertní sál lze rozdělit z hlediska bezprostředně sounáležitých místností na:

- hlavní sál (parket, prostor pro obecnstvo, pro zvukaře),
- jeviště (scéna, pódium, prostor pro vystupující, projekci),
- zázemí (posezení, přilehlé místnosti, bar - vzduchově neoddělené),
- ostatní prostory (balkóny, lóže, ochozy).

A.4 *Legislativní, normové, prováděcí předpisy a podklady*

Zákon č. 183/2006 Sb., stavební zákon,

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci,

Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací (prováděcí předpis k zákonu č. 258/2000 Sb.),

Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů,

Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb (prováděcí předpis k z. č. 258/2000 Sb.),

Vyhláška Ministerstva pro místní rozvoj č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby (ve znění vyhlášky č. 502/2006 Sb.),

Vyhláška Ministerstva pro místní rozvoj č. 20/2012 Sb., kterou se mění vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby,

ČSN EN 13 3454 – Výkresy vzduchotechnického zařízení,

ČSN EN 13 779 – Větrání budov – Větrání nebytových budov – Základní požadavky na větrací a klimatizační zařízení,

ČSN 12 7010 – Vzduchotechnická zařízení – navrhování větracích a klimatizačních zařízení, všeobecná ustanovení,

ČSN 73 0548 – Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostor,

ČSN 73 0540 – Tepelná ochrana budov,

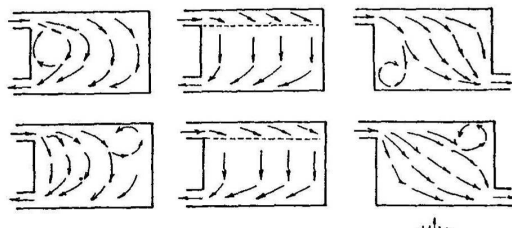
ČSN EN 12831 – Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu,

ČSN 73 0818 - Požární bezpečnost staveb - Obsazení objektů osobami.

A.5 Teoretická řešení vs. technická řešení v praxi

Jedním ze základních faktorů úrovně a tvorby vnitřního prostředí je proudění vzduchu, které je v případě nuceného větrání tvořeno zásadně koncovými elementy distribuční sítě. Distribuční prvky mají tedy nezastupitelnou funkci. Jejich úlohou je vytvořit vhodný obraz proudění vzduchu ve větraném prostoru tak, aby bylo docíleno co nejlepšího provětrání, nevznikaly lokální víry a celkově byla zajištěna co nejvyšší účinnost výměny vzduchu a eliminace škodlivin. Hlavním faktorem ovlivňující návrh distribuce vzduchu zábavních sálů je rozměrový charakter prostoru. Podle světlé výšky a jeho rozlohy se volí distribuční prvky buď s dlouhým, nebo kratším dosahem proudu. Záleží také na umístění, požadovaném směru, rychlosti proudění a teplotě. Dosahem proudu je rozuměna vzdálenost, kdy dojde k poklesu rychlosti proudu na hodnotu rychlosti vhodné pro pobytovou zónu člověka (do 0,5 m/s). Obecně lze distribuci rozdělit dle nuceného proudění vzduchu v omezeném prostoru do 3 způsobů:

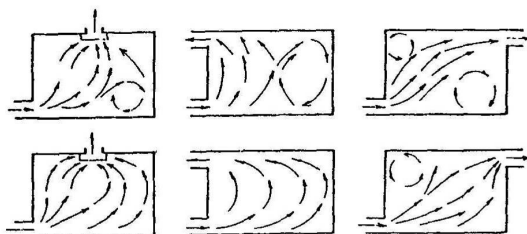
- distribuce **shora dolů** - tvoří vertikální směr proudění dolů,



Obr. 4: Proudění vzduchu shora dolů

zdroj: [2]

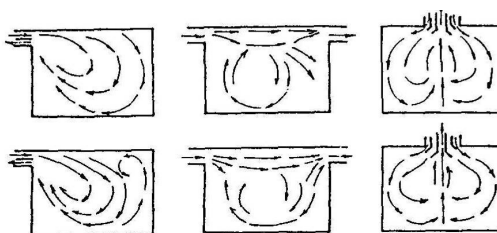
- distribuce **zdola nahoru** - představuje vertikální směr proudu nahoru,



Obr. 5: Proudění vzduchu zdola nahoru

zdroj: [2]

- distribuce **shora nahoru** - proudění má povahu zakřiveného proudu.



Obr. 6: Proudění vzduchu shora nahoru

zdroj: [2]

Dále pak podle rychlosti:

- **kompaktní proudění** - proudění soustředěnými proudy o velkých rychlostech a průtocích,
- **laminární, zaplavovací, vytěšňovací proudění** - proudění vzduchu o malých rychlostech s potlačením směšování s okolním vzduchem,
- **směšovací proudění** (difúzní) - zejména tvarem distribučního prvku dochází při proudění k směšování o velké intenzitě s okolním vzduchem.

K zvolenému typu proudění lze přiřadit zastupující distribuční prvek (koncový element). V případě koncertních sálů se nejčastěji využívá **kompaktního proudění** na velké vzdálenosti. Typem prvku pro toto proudění jsou **dýzy, trysky a velkoobjemové vyústky**.

Dýzy

Průtok vzduchu: 10 - 3000 m³/h

Délka proudu: až 30 m.

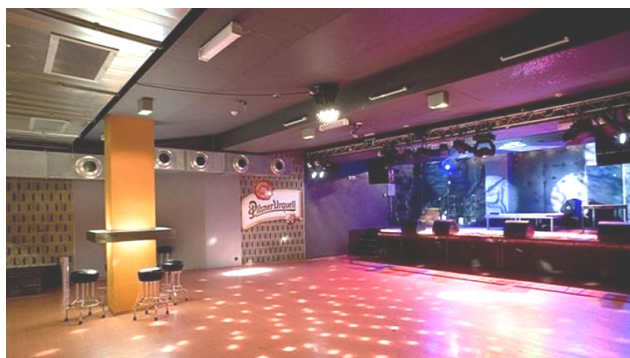
Použití: větrání, chlazení, vytápění

Výhody: doprava vzduchu na velké vzdálenosti, nedochází k směšování, ale k vytlačení znehodnoceného vzduchu, nízká míra hlučnosti i při vysokých průtocích vzduchu



Obr. 7: Dýzy

zdroj: [8]



Obr. 8: Využití dýz pro distribuci, Music club Rock Café, Praha

zdroj: [9]



Obr. 9: Distribuce vzduchu dýzami, Gasometer hall, Vídeň

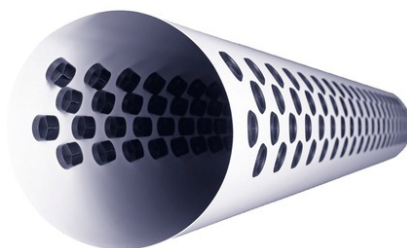
zdroj: [10]

Trysky

Průtok vzduchu: 80 - 1500 m³/h

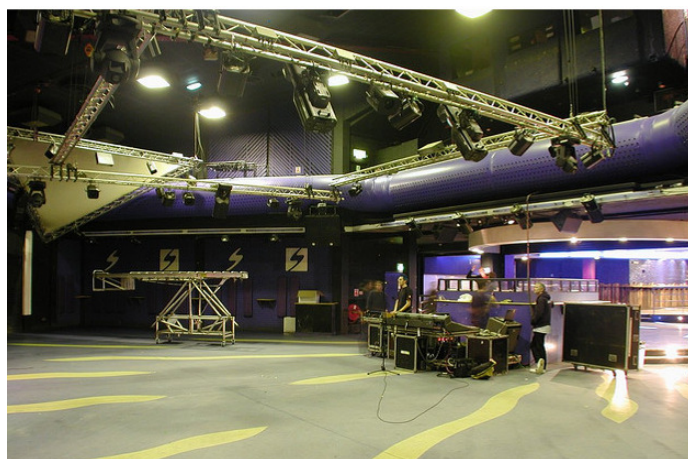
Použití: větrání, chlazení

Výhody: vysoká míra výměny vzduchu, malé turbulence a indukce



Obr. 10: VZT potrubí osazené tryskami

zdroj: [11]



Obr. 11: Využití potrubí s tryskami v hudebním klubu

zdroj: [12]



Obr. 12: Potrubí s tryskami, Performance center

zdroj: [13]

Velkoobjemové vyústky

Průtok vzduchu: 300 - 5000 m³/h

Délka proudu: cca 10 m.

Použití: větrání, chlazení, vytápění

Výhody: velké objemy vzduchu při velkém pracovním rozdílu teplot, možnost nastavení výtokových otvorů dle režimu, možnost kompaktního proudu i směšování



Obr. 13: Velkoobjemová vyústka

zdroj: [14]

Dalším vhodným prouděním, avšak v omezenější míře, je **zaplavovací a vytěšňovací**. Zastupujícím prvkem jsou **velkoplošné vyústky**.

Velkoplošné vyústky

Průtok vzduchu: 70 - 10 000 m³/h

Použití: větrání, chlazení

Výhody: čerstvý vzduch přímo v pobytové zóně, malé výtokové rychlosti, nezpůsobují průvan



Obr. 14: Velkoplošná vyústka

zdroj: [15]

Poslední typ proudění - **směšování** lze v omezené míře využít i pro velké prostory, avšak jeho využití v zábavních sálech se značnými koncentracemi škodlivin není příliš časté ani vhodné. Podstatou distribuce je dosažení velké indukce a tím promíchání vzduchu v místnosti s přiváděným čerstvým vzduchem. A to včetně škodlivin. Výhodu lze nalézt v účinném využití smíšeného odváděného vzduchu (který je kvalitou přibližně stejný jako v pobytové oblasti) k automatické regulaci VZT pomocí čidel. Osazení distribučních prvků pro směšování vyžaduje nižší světlé výšky prostoru cca 4 - 5 m. Typy koncových elementů jsou **vířivé výústě, anemostaty, obdélníkové vyústky** apod.



Obr. 15: Vířivé výústě, anemostaty

zdroj: [16]

Zábavní sály postihuje ve větší či menší míře i vliv architektonický, který se však týká především velkých a honosných sálů. V takovém případě bývá tento vliv často upřednostňován před jinými. Lze se tak setkat s velmi náročnými požadavky na dokonalé splynutí s řešeným prostorem. Takové řešení se často neobejde i bez výroby distribučních prvků na míru, které bývá velmi nákladné. Někteří výrobci však na tyto požadavky dokážou reagovat a své výrobky uzpůsobují pro dokonalé zabudování v podhledech a různých ozdobných konstrukcích.

Jedním takovým prvkem, který se stále častěji používá v zábavních sálech a klubech, je textilní vyústka. Jejich výhodou je vysoká variabilita s různými typy provedení, včetně možnosti barevných úprav apod. Výhodou je bezprůvanová distribuce, (což je v případě využití kouřových efektů vítané), snadná montáž

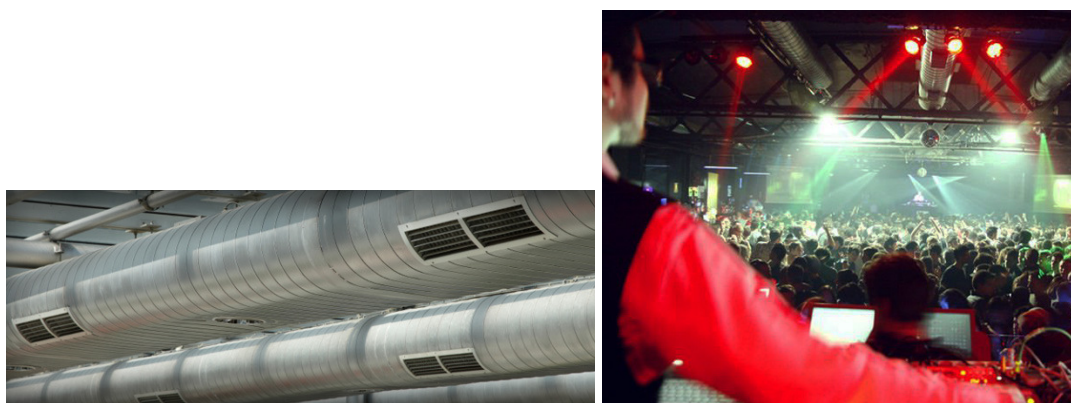
(nízká hmotnost), údržba a dezinfekce praním. Kromě distribuce vzduchu ji lze však využít i v oblasti akustiky sálu jako pohlcující prvek, který je sám osobě při provozu velmi málo hlučný.



Obr. 16: Sál střední školy (nalevo) a university (napravo), USA

zdroj: [17]

Koncové elementy využití na **odvod znehodnoceného vzduchu** ovlivňují celkový obraz proudění a svým umístěním usměrňují přiváděný vzduch. Důležitá je především volba umístění, aby nedocházelo k tzv. zkratu. Při zkratu je přiváděný vzduch odsáván bez využití pracovní oblastí. Nejběžnějším používaným koncovým elementem pro odvod znehodnoceného vzduchu v zábavních sálech je obdélníková vyústka.



Obr. 17: Odvodní obdélníkové vyústky na přiznaném SPIRO potrubí

zdroj: [18]

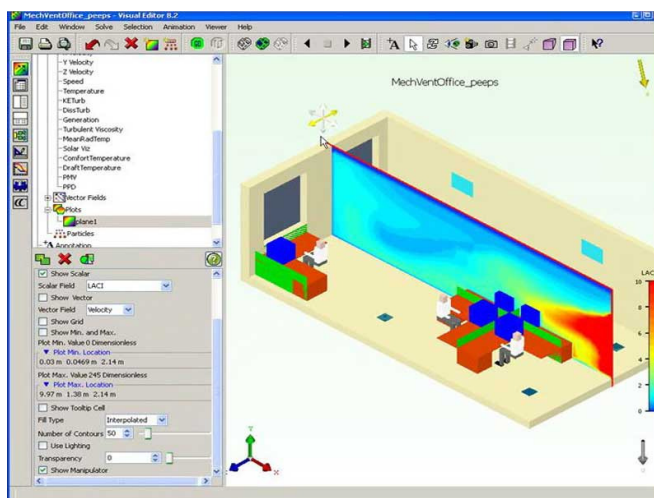
Podrobné informace o distribučních prvcích, jejich funkci, designu a vlastnostech jsou popsány např. v [4]

A.6 Experimentální řešení, modelování

Teoretická řešení proudění vzduchu jsou především při použití analytické metody náročnou úlohou. Důvodem je široké spektrum faktorů souvisejících s danou problematikou. Proto jsou pro praktické využití nesnadno použitelné. Experimentálními metodami a modelováním lze odvodit řada formulí pro praktické řešení proudění vzduchu. Příkladem a základním případem použití experimentálních metod jsou proudění vzduchu v prostoru a potrubí [3].

Nástrojem experimentálních řešení je experiment. Pomocí experimentu lze ověřit nebo vyvrátit hypotézu, či poznatek o určitých jevech. Modelování slouží k napodobení řešeného problému. Je to vědecký popis reality na fyzickém či abstraktním modelu, který má vlastnosti udávané podmínkami řešeného problému. Pomocí modelování lze na základě teorie podobnosti simulovat rozdílné tepelně-vlhkostní stavy prostoru a získat tak základní teoretické poznatky o chování vzduchu v řešeném prostoru. Výstupy jsou následně aplikovatelné na reálných stavebních objektech. V současné době umožňuje výpočetní technika svým rozmachem rychlý rozvoj i ve způsobu modelování a vizualizace. Otevírá stále větší možnosti, urychluje a zefektivňuje návrhy pro praktická použití.

Mezi vybrané softwarové programy pro modelování proudění vzduchu patří např. FLOVENT, ANSYS AIRPAK, aj..



Obr. 18: Modelování v programu FLOVENT

zdroj: [19]

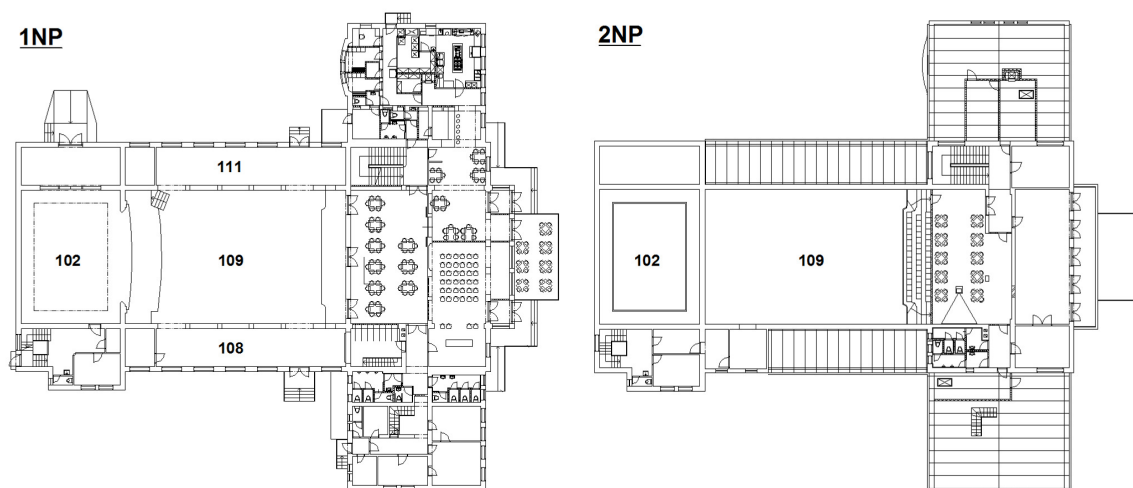
B. APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ

B.1 Objekt a jeho charakteristika

B.1.1 Hlavní účel budovy a požadavky na VZT zařízení

Pro aplikaci tématu bylo zapotřebí zvolit vhodný model budovy. Měřítkem výběru byla především velikost sálu. Kategorie středních zábavních sálů s produkcí hudby, se kterými se lze nejčastěji setkat, a které jsou právě v nejvíce případech spojeny s problémem nedostatečné kvality vnitřního prostředí. Pro návrh bylo zvoleno zábavní centrum se společenským (koncertním) sálem.

Jedná se o samostatně stojící budovu - kulturní centrum obsahující kromě koncertního sálu jeviště se zázemím, restauraci, společenskou místnost, galerii, víceúčelový sál, kinokavárnu, obřadní síň a prostory pro ubytování. Koncertní sál je **kuřácký**. Práce vychází ze stavební projektové dokumentace již realizovaného objektu. Objekt má 3 nadzemní podlaží. V 1. NP (Obr. 19) se nachází restaurace s kuchyní, koncertní sál s přílehlými místnostmi, jeviště, obřadní síň, terasa. V 2. NP (Obr. 19) je kinokavárna s galerií a víceúčelovým sálem. Z kinokavárny se lze dostat i do koncertního sálu na balkón. Koncertní sál tedy zasahuje světlou výškou přes dvě podlaží. V 3. NP nad sálem je zřízena strojovna vzduchotechniky a případných navazujících systémů technických zařízení budov (TZB). Hlavní vstup do objektu je situován na jih. Všechna okna přímo ovlivňující tepelnou bilanci v sále jsou orientována na východní a západní světovou stranu.



Obr. 19: Půdorysy 1. a 2. NP vybrané budovy

zdroj: Zadání práce

Předmětem práce bylo řešení tří variant VZT systému koncertního sálu s přilehlými místnostmi a jevištěm. Ostatní místnosti objektu nebyly v rámci práce řešeny. Společný koncept pro všechny varianty byl použití centrálního VZT systému zajišťující požadovanou výměnu vzduchu, pracujícího v celoročním provozu. Problém se značnou tepelnou a vlhkostní zátěží jak v zimním období, tak v letním, řešily VARIANTY A a B. VARIANTA C je příkladem použití pouze kombinovaného nuceného větrání a teplovzdušného vytápění.

Tvorba vnitřního mikroklimatu byla řešena dle legislativních požadavků. Zásadním faktorem ovlivňující návrhy, je obsazenost osobami.

Hlavní kritéria návrhu:

- technická,
- ekonomická,
- ekologická,
- architektonicko-stavební (estetická),
- provozní,
- sociologická.

B.1.2 Základní ukazatele, okrajové podmínky, vstupní hodnoty

V následujících tabulkách (Tab. 1) jsou uvedeny okrajové podmínky exteriérové i interiérové, které byly použity v projektu.

Tab. 1: Okrajové podmínky a požadavky na interní mikroklima

zdroj: Vlastní práce

Vstupní hodnoty - Brno - 227 m n.m.							
Výpočtové podmínky		Zima			Léto		
EXTERIÉR	Teplota	t_e	-12	°C	t_i	29	°C
	Entalpie	h_e	-9,64	kJ/kg	h_e	56,2	kJ/kg
	Měrná vlhkost	x_e	1	g/kg	x_e	10,54	g/kg
	Relativní vlhkost	ϕ_e	72,94	%	ϕ_e	40,98	%

		Zima			Léto		
INTERIÉR	Teplota	t_i	21	°C	t_i	26	°C
	Relativní vlhkost	ϕ_i	45-60	%	ϕ_i	45-60	%
	Výměna vzduchu na osobu	n	50	m ³ /os			
	Paušální přirážka na kuřáky	n^*	10	m ³ /os			
	Poměr nekuřáků/kuřáků 50:50		50:50				
	Násobná výměna prostoru	x	3	h ⁻¹			
	Rychlost proudění pobyt. zóna	v_{max}	0,2	m/s			
	Hladina akustického tlaku	L_{Aeq}	50	dB			
	Max. koncentrace škodlivin	k_{CO_2}	1500	ppm			

Vnitřní návrhové (výpočtové) teploty jsem volil tak, aby byly dodrženy přípustné mikroklimatické podmínky dle vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č. 6/2003. Zároveň se jejich volba opírá o státní normy ČSN 73 0540, ČSN 12 831, (pro zimní období) a ČSN 73 0548 (pro letní období). Pro výpočet tepelných ztrát jsem uvažoval návrhovou vnitřní teplotu v zimním období 20 °C dle ČSN 12 831. Vnitřní teplota 21 °C je návrhová teplota vnitřního vzduchu dle ČSN 73 0540. Množství vzduchu na osobu jsem odvodil z Nařízení vlády č. 361/2007. Násobnost výměny vzduchu pro prostor bez osob jsem stanovil z doporučených hodnot s ohledem na ekonomické hledisko provozu. Maximální koncentrace škodlivin uvádí vyhláška č. 268/2009 Sb., pro návrh VZT systémů se uvažuje s maximální koncentrací CO₂ 1000 ppm.

Stanovení maximální hladiny akustického tlaku bylo vzhledem k účelu a provozu řešených prostor složitější. Podrobněji je tato problematika přiblížena v kapitole **B.10 - Útlum hluku (str. 62)**

Návrh počtu osob vychází z ČSN 73 0818, která stanovuje velikost podlahové plochy pro osobu (viz Tab. 2).

Tab. 2: Řešené prostory

zdroj: Vlastní práce

Koncertní sál 109 + pódium + přilehlé místnosti 108 a 111			
Plocha místnosti	S	358,5	m ²
Objem místnosti	V	2163,5	m ³
Počet osob	y	218	
Jeviště 102			
Plocha místnosti	S	148,7	m ²
Objem místnosti	V	718,3	m ³
Počet osob	y	37	

Skladby konstrukcí a jejich tepelně-technické vlastnosti včetně výpočtů součinitele prostupu tepla U jsou uvedeny v Příloze 1. Výsledné a doporučené hodnoty součinitele přestupu tepla pro jednotlivé konstrukce jsou uvedeny v Tab. 3.

Tab. 3: Výsledné a doporučené hodnoty U

zdroj: Vlastní práce

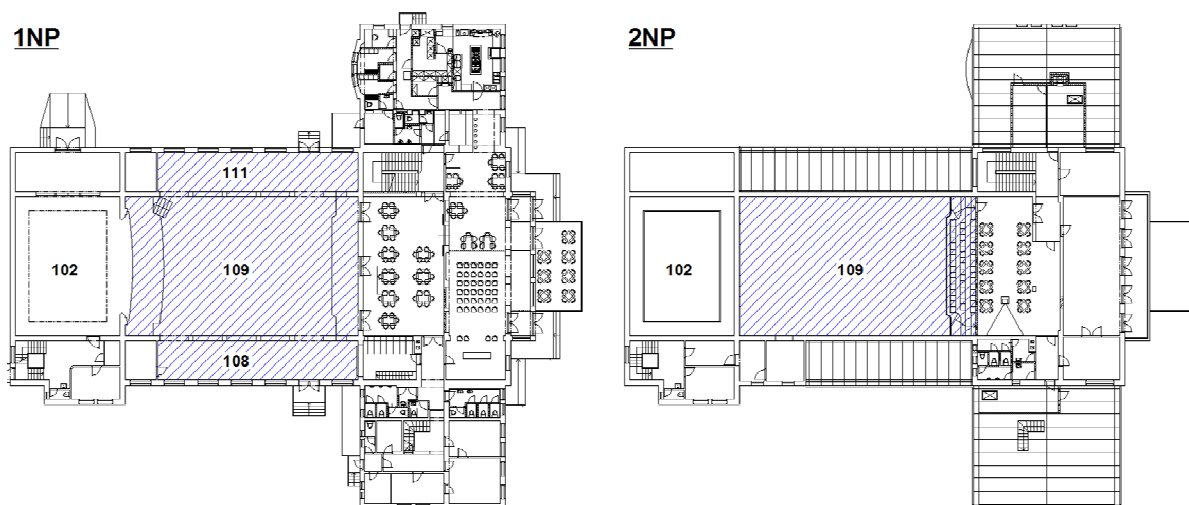
KCE	U	Un			
PDL 1	0,697	0,45			
PDL 2	0,585	0,45			
PDL 3	1,286	0,75			
SO 1	0,301	0,3			
SN 1	1,440	0,75			
SN 2	0,288	0,75			
SN 3	1,462	0,75			
STR 1	1,734	0,75			
STR 2	0,715	0,75	šířka	výška	A [m ²]
DO 1	1,5	1,7	1,8	2,7	4,86
DN 1	2	3,5	2	2	4
DN 2	2	3,5	2	2	4
OZ 1	1,2	1,5	1,8	1,2	2,16

PDL 1	Podlaha v sále
PDL 2	Podlaha jeviště
PDL 3	Podlaha pódium
SO 1	Vnější stěna (do exteriéru)
SN 1	Vnitřní stěna (interiér)
SN 2	Vnitřní stěna (interiér)
SN3	Vnitřní stěna pódium (interiér)
STR 1	Strop nad sálem
STR 2	Strop nad přilehlými místnostmi
DO 1	Dveře ochlazované (exteriér)
DN 1	Dveře vnitřní (interiér)
DN 2	Dveře vnitřní (interiér)
OZ 1	Okno (exteriér)

B.1.3 Rozdělení objektu na funkční celky VZT

Pro zefektivnění návrhu, vzhledem k účelu místností (jeviště, koncertní sál) a následné regulace systému, byly řešené prostory rozděleny do dvou funkčních celků. **Zóna 1** - koncertní sál+přilehlé místnosti a **Zóna 2** - jeviště. Obě tyto zóny mají společnou VZT jednotku umístěnou v 3. NP ve strojovně VZT.

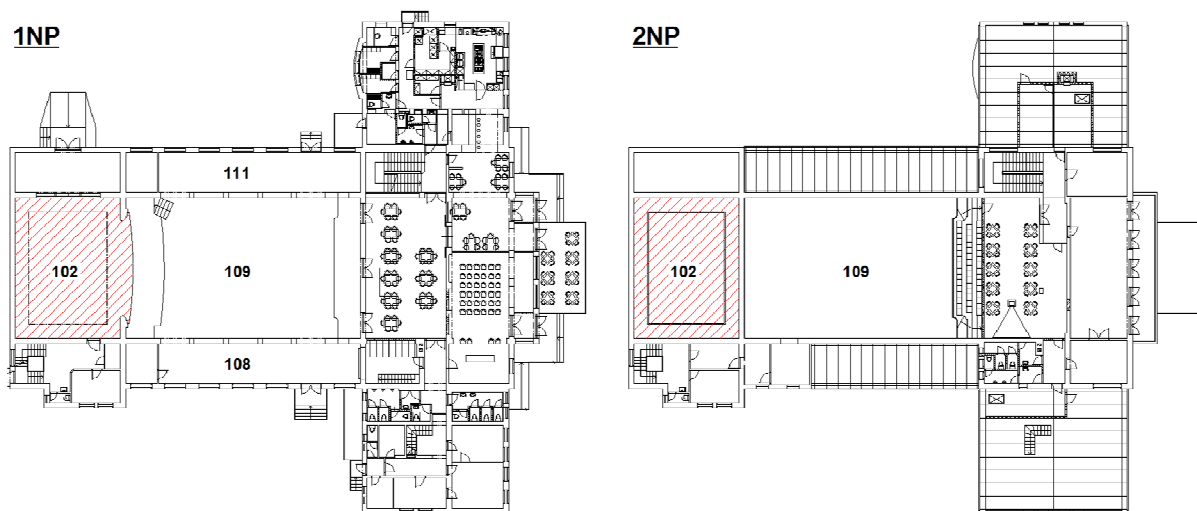
Zóna 1 - koncertní sál prochází svojí světlou výškou přes dvě podlaží. Maximálně dosahuje 7,5 m. Přilehlé místnosti tvoří zázemí sálu se světlou výškou 3,3 m.



Obr. 20: Vyznačení zóny č. 1 v půdorysech budovy

zdroj: Vlastní práce

Zóna 2 - jeviště prochází svojí světlou výškou přes 3 podlaží. V maximu dosahuje výšky 9,23 m. V úrovni 3. NP je po obvodu zřízen ochoz pro práci se zařízením jeviště a také pro vstup do strojovny VZT.

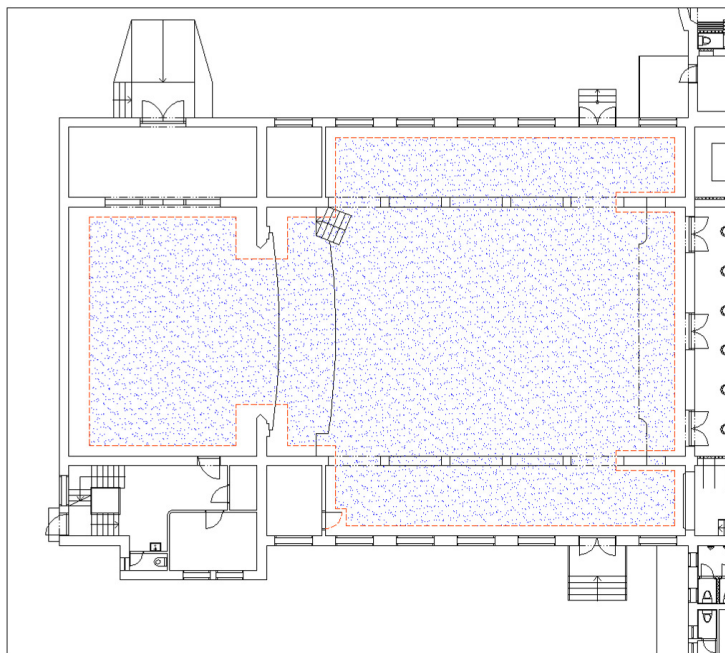


Obr. 21: Vyznačení zóny č. 2 v půdorysech budovy

zdroj: Vlastní práce

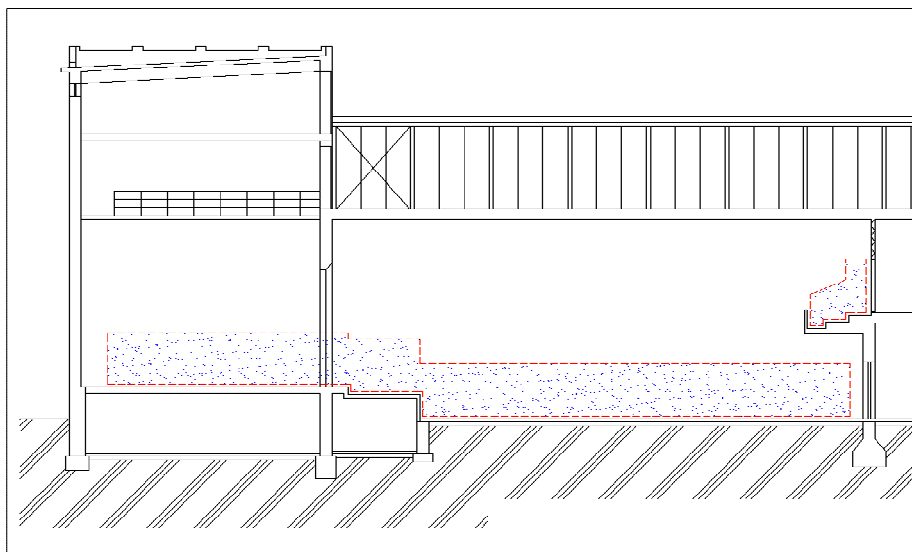
B.1.4 Vymezení pobytové zóny

Požadavky na vnitřní prostředí by měly být splněny především v pobytové zóně člověka. Nárok na pohodu prostředí je v rámci celého prostoru, avšak mimo vymezenou pobytovou zónu tyto nároky nelze garantovat. Pro konkrétnost jsem provedl vymezení pobytové zóny zadaného prostoru dle předpokladu pravidelného pohybu osob.



Obr. 22: Půdorys - pobytová zóna

zdroj: Vlastní práce



Obr. 23: Řez - pobytová zóna

zdroj: Vlastní práce

B.2 Tepelné bilance

Výpočet tepelných bilancí zahrnuje výpočet tepelné a vlhkostní zátěže řešených místností dle ČSN 73 0548 a tepelných ztrát dle ČSN EN 12831.

B.2.1 Výpočet tepelné zátěže

Jelikož se jedná o koncertní sál s celoročním provozem, lze předpokládat vysoké tepelné a vodní zisky i v zimních měsících. Proto jsem provedl výpočet pro letní i pro zimní období.

Sál obklopují z východní a západní strany přilehlé místnosti s okny a dveřmi do venkovního prostoru. Tepelné zisky otvory radiací a konvekcí ze západní a východní strany jsou do sálu sdíleny během dne současně. Den pro výpočet jsem zvolil na 21. července a 21. ledna. Hodinu pro stanovení celkových zisků jsem zvolil dle západní strany v 16 hodin pro letní období a ve 14 hodin pro zimní období. Předpokládá se větší vytížení sálu lidmi právě v odpoledních hodinách. Ze severu dochází k tepelným ziskům v letním období prostupem stěnou. Při výpočtu prostupu stěnou platí stejně volené časy pro všechny světové strany a příslušná roční období.

Kapacita sálů pro výpočet tepelné zátěže a vodních zisků od osob byla stanovena přepočtem z podlahové plochy dle ČSN 73 0818. Produkce citelného tepla osobami byla určena dle ČSN 73 0548 v závislosti na vnitřní teplotě a jejich činnosti.

Podrobné průběhy tepelných zisků otvory konvekcí a radiací (po hodině během dne) jsou uvedeny v Příloze 3 - 7. Tepelné zisky prostupem stěnou v Příloze 8 a zisky od vnitřních zdrojů v Příloze 9.

Výpis elektronických zařízení včetně příkonů viz Příloha 10.

Tab. 4: Otvory v obvodových stěnách

zdroj: Vlastní práce

OKNA	počet oken	n	5	-
	šířka okna	A	1,80	m
	výška okna	B	1,80	m
	šířka zasklení	a1	1,80	m
	výška zasklení	b1	1,80	m
	součinitel prostupu tepla okna	k _o	1,2	W/m ² ·K
	zapuštění okna pod stínící deskou	c1	0,00	m
	zapuštění okna ve stěně	d	0,18	m
	šířka svislé části rámu	f	0,00	m
	šířka vodorovné části rámu	g	0,00	m
DVEŘE	počet dveří	n	1	-
	šířka dveří	A	1,80	m
	výška dveří	B	2,70	m
	šířka zasklení	a1	1,80	m
	výška zasklení	b1	2,70	m
	součinitel prostupu tepla dveří	k _d	1,5	W/m ² ·K
	zapuštění dveří pod stínící deskou	c1	0,00	m
	zapuštění dveří ve stěně	d	0,18	m
	šířka svislé části rámu	f	0,00	m
	šířka vodorovné části rámu	g	0,00	m

Tab. 5: Vstupní hodnoty pro výpočet tepelných zisků radiací a konvekci, léto

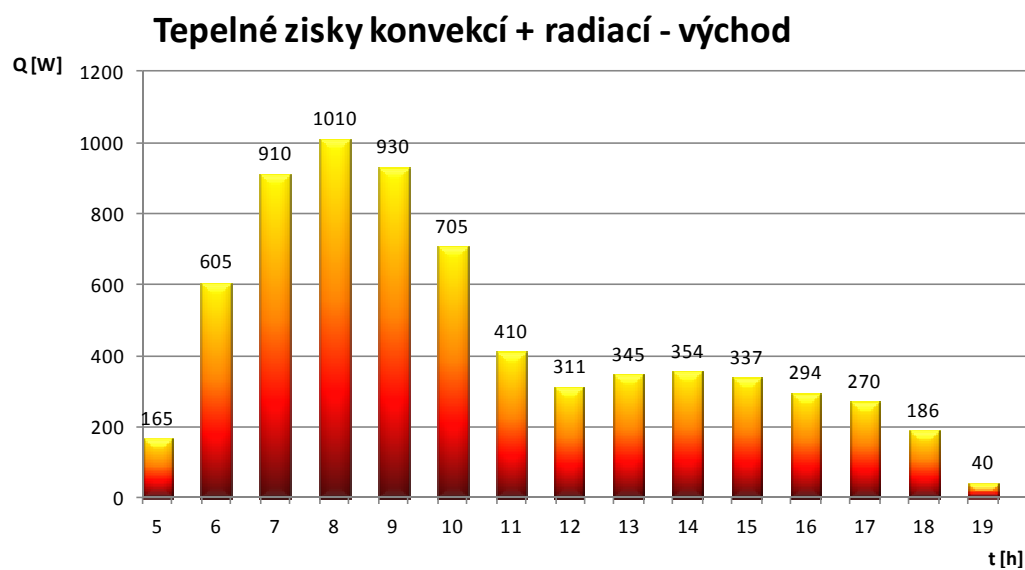
zdroj: Vlastní práce

Tepelné zisky otvory sluneční radiací			
Výpočet proveden pro dobu a stěnu:			
orientace řešené stěny	východ, západ		
den v měsíci		21	
měsíc v roce		7	
hodina dne (pro postup výpočtu)		16	
Parametry zadané pro výpočet			
nadmožská výška	h _{m,n,m}	227	m (m.n.m)
teplota	t _i	26,0	°C
teplota exteriéru (maximální)	t _e	30,0	°C
intenzita sluneční radiace standardním oknem	l ₀	1350,0	W/m ²
přípustné překročení teploty	Δt	2,00	K
předpoklad: sluneční den - amplituda kolísání	At	9,00	K
tloušťka stěn	d	0,45	m
úhel stěny	a	90,00	°

Tab. 6: Vstupní hodnoty pro výpočet tepelných zisků radiací a konvekci, zima

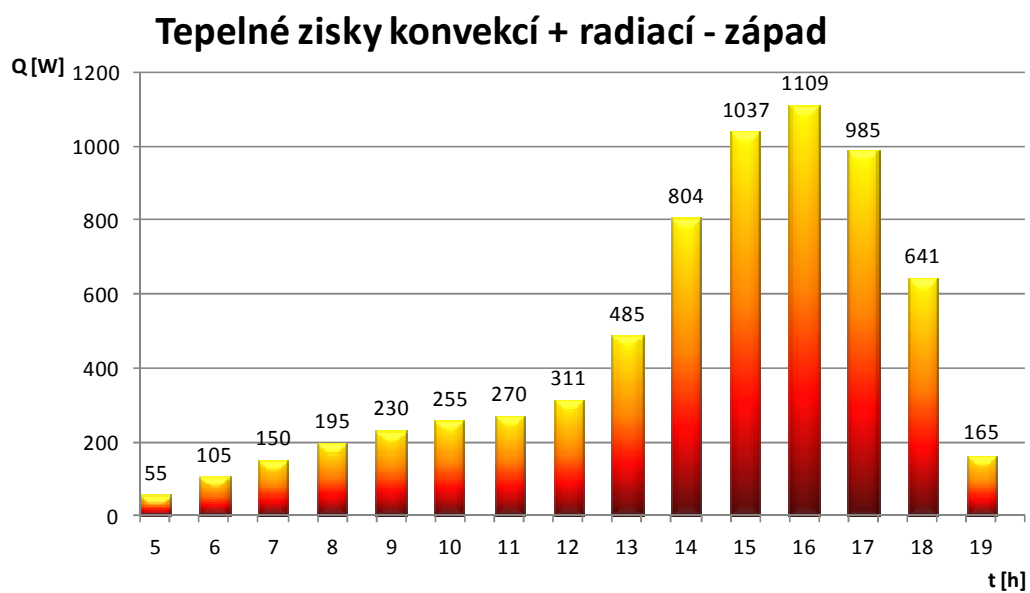
zdroj: Vlastní práce

Tepelné zisky otvory sluneční radiací			
Výpočet proveden pro dobu a stěnu:			
orientace řešené stěny	východ, západ		
den v měsíci		21	
měsíc v roce		1	
hodina dne (pro postup výpočtu)		14	
Parametry zadané pro výpočet			
nadmožská výška	h _{m,n,m}	227	m (m.n.m)
teplota	t _i	21,0	°C
teplota exteriéru (maximální)	t _e	-12,0	°C
intenzita sluneční radiace standardním oknem	l ₀	1350,0	W/m ²
přípustné překročení teploty	Δt	2,00	K
předpoklad: sluneční den - amplituda kolísání	At	9,00	K
tloušťka stěn	d	0,45	m
úhel stěny	a	90,00	°



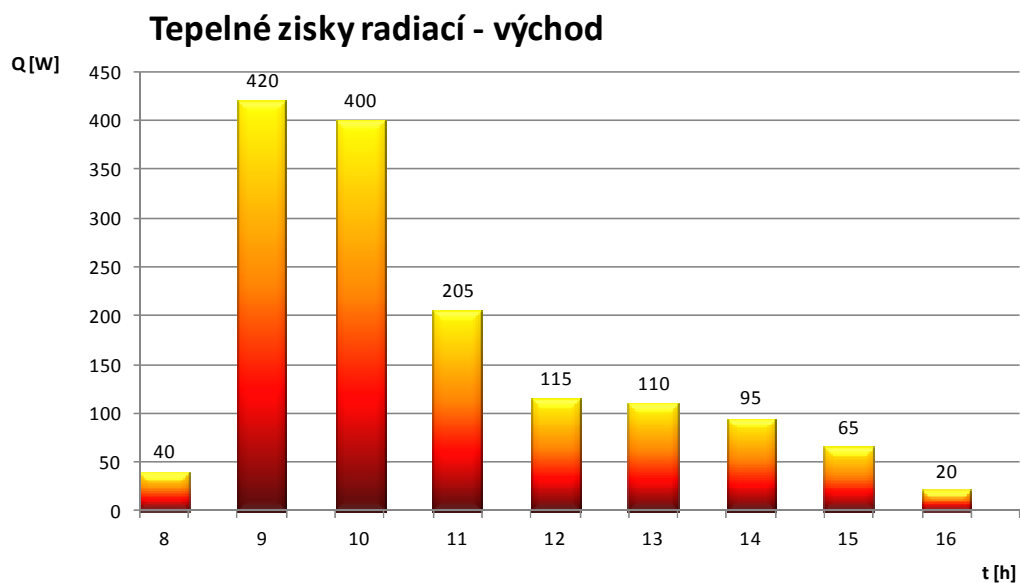
Graf 1: Tepelné zisky konvekčí a radiací – východ, letní období

zdroj: Vlastní práce



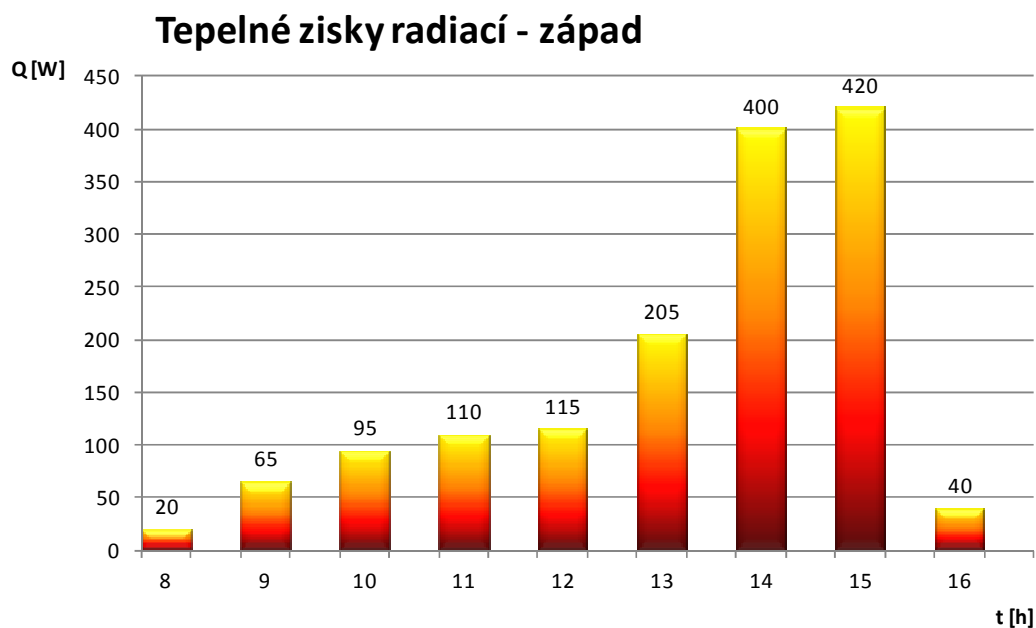
Graf 2: Tepelné zisky konvekčí a radiací – západ, letní období

zdroj: Vlastní práce



Graf 3: Tepelné zisky radiací - východ, zimní období

zdroj: Vlastní práce



Graf 4: Tepelné zisky radiací - západ, zimní období

zdroj: Vlastní práce

V následujících tabulkách (Tab. 7) jsou uvedeny vypočítané tepelné a vlhkostní zisky.

Tab. 7: Přehled tepelných a vlhkostních zisků v letním a zimním období

zdroj: Vlastní práce

Tepelné zisky pro koncertní sál v období léta			
ORIENTACE:	VÝCHODNÍ		
CELKOVÝ TEPELNÝ ZISK OTVORY	Q_o	295	W
TEPELNÝ ZISK PROSTUPEM STĚNOU	Q_s	70	W
ORIENTACE:	ZÁPADNÍ		
CELKOVÝ TEPELNÝ ZISK OTVORY	Q_o	1110	W
TEPELNÝ ZISK PROSTUPEM STĚNOU	Q_s	75	W
ORIENTACE:	SEVERNÍ		
CELKOVÝ TEPELNÝ ZISK OTVORY	Q_o	-	W
TEPELNÝ ZISK PROSTUPEM STĚNOU	Q_s	40	W
VNITŘNÍ ZDROJE			
PRODUKCE TEP. ZISKŮ OD CITELNÉHO TEPLA LIDÍ	Q_1	14520	W
PRODUKCE TEPELNÝCH ZISKŮ OD SVÍTEL	Q_{sv}	3165	W
PRODUKCE TEP. ZISKŮ OD ELEKTROMOTORŮ	Q_m	-	W
PRODUKCE TEP. ZISKŮ OD ELEKTRONICKÝCH ZAŘ.	Q_e	12425	W
TEP. ZISKY Z VEDLEJŠÍCH MÍSTNOSTI	Q_{vm}	-	W
CELKOVÁ TEP. ZÁTĚŽ MÍSTNOSTI	Q_{ic}	31700	W
PRODUKCE VODNÍCH ZISKŮ	M_{v1}	19,318	g/s

Tepelné zisky pro koncertní sál v období zimy			
ORIENTACE:	VÝCHODNÍ		
CELKOVÝ TEPELNÝ ZISK OTVORY	Q_o	95	W
TEPELNÝ ZISK PROSTUPEM STĚNOU	Q_s	-	W
ORIENTACE:	ZÁPADNÍ		
CELKOVÝ TEPELNÝ ZISK OTVORY	Q_o	400	W
TEPELNÝ ZISK PROSTUPEM STĚNOU	Q_s	-	W
ORIENTACE:	SEVERNÍ		
CELKOVÝ TEPELNÝ ZISK OTVORY	Q_o	-	W
TEPELNÝ ZISK PROSTUPEM STĚNOU	Q_s	-	W
VNITŘNÍ ZDROJE			
PRODUKCE TEP. ZISKŮ OD CITELNÉHO TEPLA LIDÍ	Q_1	35535	W
PRODUKCE TEPELNÝCH ZISKŮ OD SVÍTEL	Q_{sv}	3165	W
PRODUKCE TEP. ZISKŮ OD ELEKTROMOTORŮ	Q_m	-	W
PRODUKCE TEP. ZISKŮ OD ELEKTRONICKÝCH ZAŘ.	Q_e	12425	W
TEP. ZISKY Z VEDLEJŠÍCH MÍSTNOSTI	Q_{vm}	-	W
CELKOVÁ TEP. ZÁTĚŽ MÍSTNOSTI	Q_{ic}	51620	W
PRODUKCE VODNÍCH ZISKŮ	M_{v1}	15,213	g/s

B.2.2 Výpočet tepelných ztrát

Jednotlivé skladby konstrukcí a jejich tepelně technické vlastnosti jsou uvedeny v Příloze 1. Výpočet tepelných ztrát je uveden v Příloze 11.

Tab. 8: Výchozí teploty a výsledná návrhová tepelná ztráta prostupem

zdroj: Vlastní práce

$\theta_{int,i}$	20	Návrhová vnitřní teplota
θ_e	-12	Venkovní teplota lokality
θ_u	5	Teplota nevytápěného prostoru
θ_{j_1}	15	Prostor s rozdílnou teplotou
θ_{j_2}		
θ_{j_3}		
$\Theta_{m,e}$	5	K zemině

Celková měrná tepelná ztráta prostupem	$H_{T,i}=H_{T,ie}+H_{T,iue}+H_{T,ij}+H_{T,ig}=$	430,5995
---	---	-----------------

$q_{int,i}$	q_e	$q_{int,i}-q_e$	$H_{T,i}$	Návrhová tepelná ztráta prostupem $F_{T,i}$ (W)
20	-12	32	430,599	

13779,1840

B.3 Potřeby vzduchu a návrhové průtoky

Výpočty pro stanovení potřeb vzduchu byly provedeny pro

- systémy s provozem ventilačním, kdy se do venkovního prostředí odvádí všechen znehodnocený vzduch,
- provoz kombinovaný, kdy se část vzduchu odvedeného z interiéru znovu po přefiltrování využívá k cirkulaci jako vzduch oběhový,
- provoz nízkotlaké klimatizace a teplovzdušného vytápění.

S ohledem na obsazenost sálu jsem při plně vytíženém sálu počítal s hygienickým množstvím vzduchu na osobu a při prázdném sálu s násobnou výměnou vzduchu dle objemu místnosti. Potřeby vzduchu jsem odvodil z Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. Při výpočtu potřebného průtoku pro chlazení, jsem uvažoval vždy plné vytížení sálu, kdy jsou tepelné zisky největší. Při teplovzdušném vytápění zase naopak při prázdném sálu, kdy nejsou tepelné ztráty eliminovány tepelnými zisky, ale právě teplovzdušným vytápěním. Jednotlivé výpočty jsem provedl v následujících kombinacích:

- nucené větrání - maximální vytížení osobami - ventilační provoz,
- nucené větrání - bez vytížení osobami - kombinační provoz,
- klimatizace - letní období,
- klimatizace - zimní období,
- teplovzdušné vytápění - zimní období.

Podrobné výpočty jsou uvedeny v Příloze 2.

Tab. 9: Vybrané průtoky vzduchu pro návrh VZT systému

zdroj: Vlastní práce

Vybrané hodnoty pro další návrhy			
Letní období			
Maximální počet osob	V_p	14025	m ³ /h
Bez osob	V_p	8645	m ³ /h
Zimní období			
Maximální počet osob	V_p	16057	m ³ /h
Bez osob	V_p	8645	m ³ /h

Vybrané hodnoty jsem zvolil jako minimální požadované pro splnění daných kritérií. V letním období při maximálním vytížení osobami hraje hlavní roli hygienické minimum vzduchu na osobu. V zimním období je potřeba přiváděného vzduchu na eliminaci tepelné zátěže při daném pracovním rozdílu teplot Δt více, než udává hygienické minimum. Pro prázdný sál je z výpočtů patrná největší hodnota u násobné výměny vzduchu. Toto množství bude dostatečné i pro teplovzdušné vytápění prázdného sálu.

B.4 Postup návrhu jednotlivých variant

B.4.1 Koncepce a návrhy technického řešení

Koncepce technického řešení pro zadanou budovu se odvíjí od požadavků na kvalitu vnitřního prostředí. Vhodně zvoleným zařízením lze vybrané složky interního mikroklimatu řešit. Vzhledem k charakteru a účelu zadaných prostor bude VZT systém k tvorbě mikroklimatu nezbytný. Zásadní pro navržené varianty bude volba distribuce vzduchu. Od ní se bude odvíjet návrh celého VZT systému. Cílem práce tedy není řešení vnitřního mikroklimatu pouze vzduchotechnikou. Navržené systémy budou řešit pouze dílčí složky mikroklimatu, zbylé složky by měli s předpokladem řešit navazujícími systémy TZB. Jejich návrh však sahá nad rámec této práce.

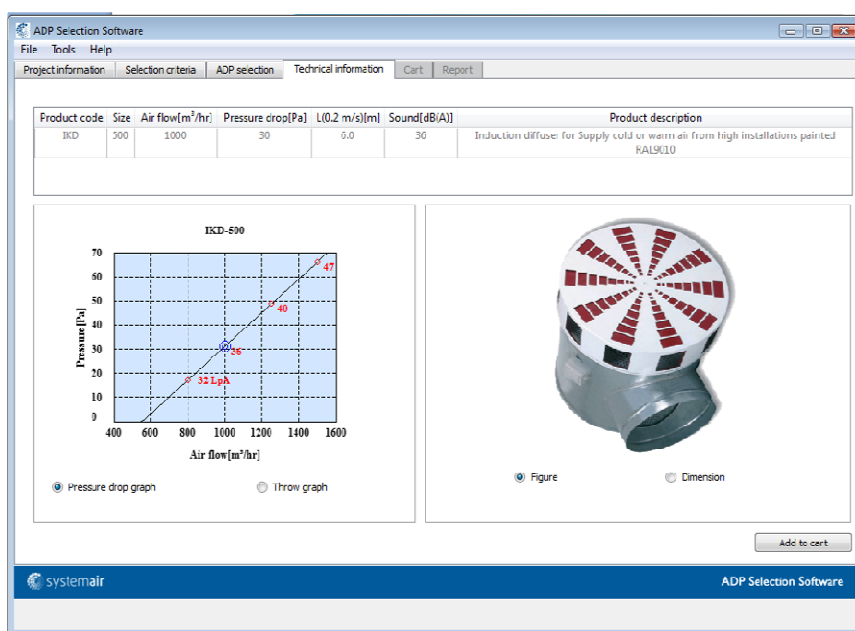
Návrh distribuční sítě je zjednodušený, bez podrobného dimenzování. Jednotlivé dimenze pro zhotovení výkresové dokumentace jsem odhadl dle

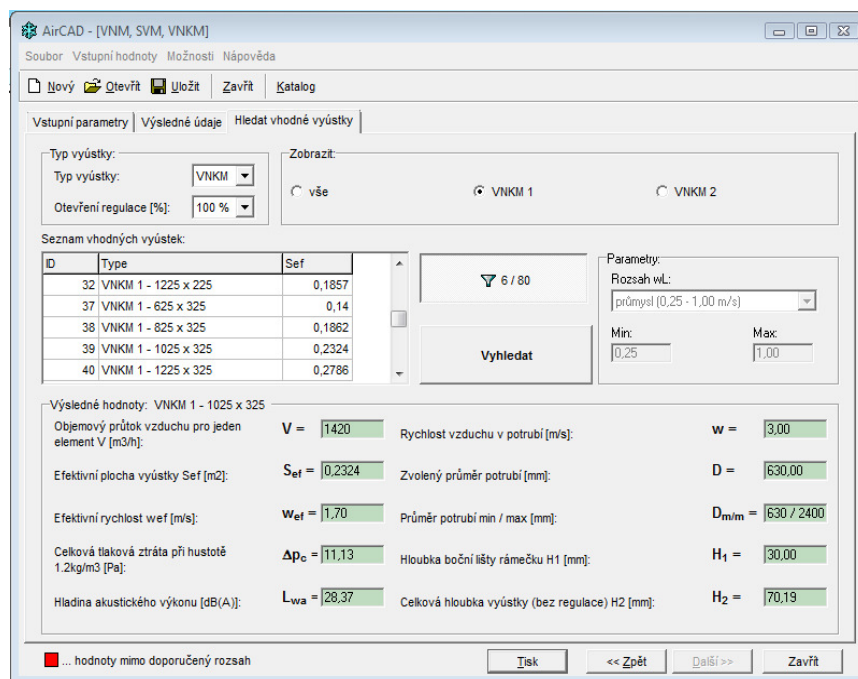
průtoku a rychlosti v daném úseku potrubí. Rychlost by neměla přesahovat standardy návrhu nízkotlakého systému nuceného větrání a klimatizace. Pro návrh ventilátorů VZT jednotek jsem odhadl celkovou tlakovou ztrátu distribuční sítě.

B.4.2 Návrh distribučních prvků

Obraz proudění vzduchu v daném prostoru určuje distribuční systém (koncové elementy). K návrhu koncových elementů jsem využil počítačové programy Systemair ADP selection software a Mandík AirCad 2.1 případně pomocí namogramů z technických listů od těchto firem.

Výchozí průtoky vzduchů jsou uvedeny v kapitole B3 na straně 33. VZT systémy volím jako rovnotlaký. Rychlost proudění vzduchu v pobytové zóně by neměla přesahovat 0,2 m/s. V Příloze 12 - 15 jsou přiloženy některé výstupy z návrhových programů včetně technických listů navržených distribučních prvků.





Obr. 24: Náhled prostředí použitých programů

zdroj: Systemair ADP selection software, AirCad 2.1

B.4.3 Návrh jednotek a úprav vzduchu, h-x diagramy

Pro návrh jednotek nuceného větrání jsem vycházel z požadavků na řešené prostory a z návrhu distribuční sítě a distribučních elementů. Pro části zajišťující úpravy vzduchu jsou podstatné vstupní hodnoty, okrajové podmínky a požadavky na VZT. Pro návrh ventilátorů je podstatná charakteristika distribuční sítě a její tlakové ztráty. Předběžný návrh jednotek a úprav vzduchu jsem provedl pomocí počítačového softwaru TERUNA v1.5b. Úpravy vzduchu jsem vynesl do h-x diagramů pomocí počítačového softwaru C.I.C. Jan hřebec - h-x diagram MS Excel. Vynesené úpravy vzduchu v h-x diagramech jsou pro vybrané extrémy, které mohou v řešeném prostoru nastat. VZT jednotka musí být navržena tak, aby dokázala reagovat na změny výchozích podmínek. Výstupy z programu TERUNA jsou uvedeny v Příloze 17 - 19.

B.4.4 Sestavy VZT jednotek, návrh komponentů, funkce

Ke správnému sestavení a návrhu komponentů VZT jednotek jsem použil software C.I.C. Jan Hřebec. Externí tlaková ztráta distribuční sítě byla odhadnuta na 200 Pa. Výstupy jsou součástí Příloh 20, 22, 24. Z důvodu absence návrhu zařízení vyvíječe páry pro parní vlhčení v programu C.I.C. Jan Hřebec jsem provedl návrh zvlášť. Návrhy a technické specifikace jsou uvedeny v Přílohách 16, 21, 23, 25.

B.5 Posouzení povrchové kondenzace potrubí

Jednotky centrálního VZT systému budou umístěny ve strojovně VZT v 3. NP. Tyto strojovny budou v zimním období vytápěny na 15 °C. V letním období zde teploty mohou dosahovat až 30 °C. Distribuční síť i rozvody potrubí do exteriéru jsou proto vystaveny různým podmínkám okolního prostředí a mohlo by dojít k povrchové kondenzaci na potrubí nebo vně potrubí. Proto jsem provedl několik posudků. Vždy jsem volil jeden kontrolní úsek pro všechny možné podmínky okolního prostředí, kterým VZT potrubí prochází a pro vlastnosti vzduchu procházejícího v potrubí. Posuzované úseky jsem vyznačil ve výkresech. Pro posouzení a návrh tloušťky izolace jsem využil výpočtový program TERUNA v1.5b. Tepelnou vodivost izolace jsem odvodil dle výrobce izolace Isover na $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$. Posudky jsou uvedeny v Příloze 26 - 28.

B.6 VARIANTA A

Centrální rovnotlaký VZT systém pro celkovou výměnu vzduchu v sále. Směšovací nebo vytěšňovací proudění s kompaktním proudem velkého dosahu. Proudění vzduchu v prostoru - shora dolů pomocí velkoobjemových vyústek. VZT jednotka bude zajišťovat chlazení, kondenzační odvlhčování, ohřev, rekuperaci (ZZT), parní vlhčení, základní filtraci.

VARIANTA A	SMĚŠOVÁNÍ S KOMPAKTNÍM PROUDEM VELKÉHO DOSAHU
-------------------	--

DISTRIBUCE VZDUCHU:

Přívod vzduchu:

- velkoobjemové výustky umístěné pod stropem sálu a nad jevištěm

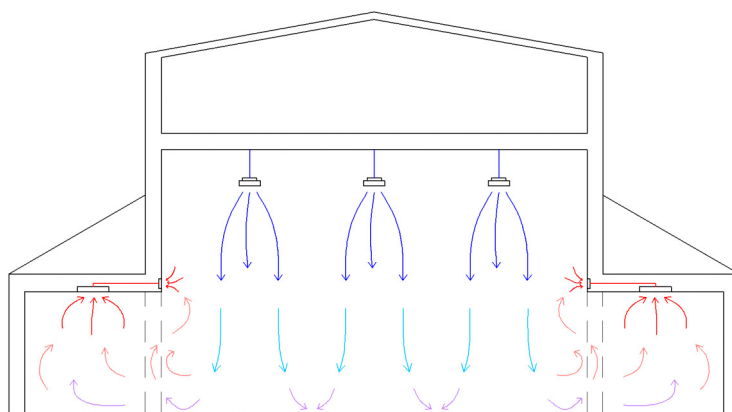


Odvod vzduchu:

- obdelníkové výustky umístěné v podhledech přilehlých místností, v bočních stěnách sálu a v příznaném, níže posazeném odvodním potrubí jeviště



Předpoklad charakteristiky proudění vzduchu v prostoru:


POTRUBÍ:

- kombinace kruhového SPIRO potrubí a čtyřhranného potrubí

CHARAKTERISTIKA

Centrální VZT systém pracující v režimech:

- VENTILAČNÍ - při plném vytížení sálu osobami, v zimním období v kombinaci s ZZT
- KOMBINOVANÝ - bez zátěže osobami, využití oběhového vzduchu - směšování, případně ZZT pro zimní období
- KLIMATIZACE - chlazení s odvlhčováním a dohřev v letním období, rekuperace nebo směšování s dohřevem a parním vlhčením v zimním období

přiváděný vzduch do místnosti bude vzhledem k distribuci přívodního vzduchu shora a při plném vytížení sálu chladnější o 6 - 7 K vůdči teplotě požadované

POŽADAVKY NA ÚPRAVY PŘIVÁDĚNÉHO VZDUCHU A JEDNOTKU VZT:

- eliminace tepelné zátěže
- eliminace vlhkostní zátěže
- dosažení požadované teploty a regulace
- dosažení požadované rel. vlhkosti v zimě
- ekonomické hledisko
- eliminace škodlivin



- chlazení
- odvlhčování
- dohřev
- parní vlhčení
- ZZT s obtokem, jednostupňová filtrace
- ventilační provoz při plném vytížení osobami

POŽADAVKY NA NAVAZUJÍCÍ SYSTÉMY TZB











- vytápění - eliminace tepelných ztrát v případě prázdného sálu
- zdroj chladu pro chlazení v jednotce VZT
- zdroj tepla pro dohřev v jednotce VZT
- vyvíječ páry pro parní vlhčení v jednotce VZT

Obr. 25: Koncepční řešení VARIANTY A

zdroj: Vlastní práce

B.6.1 Návrh distribučních prvků

K návrhu distribučních prvků jsem využil počítačový program Systemair ADP selection software.

VARIANTA A		VELKOOBJEMOVÉ VÝÚSTKY	Režim: Ventilací - klimatizace, Kombinovaný	Zp. Distribuce: Směšování s kompaktním proudem velkého dosahu														
LETNÍ OBDOBÍ	VENTILAČNÍ PROVOZ (KLIMATIZACE)	Požadovaný průtok vzduchu: <table><tr><td>V_p</td><td>14025</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>V_o</td><td>14025</td><td>m³/h</td></tr></table> Koncertní sál - zóna 1 85% V _p = 11921,25 m ³ /h Jevišťe - zóna 2 15% V _p = 2103,75 m ³ /h Celkový průtok po návrhu: V _{p,o} = 14200 m ³ /h - rovnotlaký systém	V _p	14025	m ³ /h	V _o	14025	m ³ /h	Přívod sál: Systemair - IKD - M2 - 600 diffuser with actuator RAL 9010 M2 - servopohon 24V 	V	1200	m ³ /h	Odvod sál: Systemair - 10xNOVA-L-800x150  - 10xNOVA-L-500x200 	V	600	m ³ /h		
		V _p	14025	m ³ /h														
	V _o	14025	m ³ /h															
	V	n	10	-	V _p	6000	m ³ /h	V	n	10	-							
KOMBINOVANÝ PROVOZ	Požadovaný průtok vzduchu: <table><tr><td>V_p</td><td>8645</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>V_o</td><td>8645</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>V_c</td><td>4323</td><td>m³/h</td></tr></table> Koncertní sál - zóna 1 85% V _p = 7348,53 m ³ /h Jevišťe - zóna 2 15% V _p = 1296,8 m ³ /h	V _p	8645	m ³ /h	V _o	8645	m ³ /h	V _c	4323	m ³ /h	Přívod jeviště: Systemair - IKD - M2 - 400 diffuser with actuator RAL 9010 M2 - servopohon 24V 	V	550	m ³ /h	Odvod jeviště: Systemair - NOVA-C-1-325X125 mřížky do potrubí 	V	440	m ³ /h
	V _p	8645	m ³ /h															
V _o	8645	m ³ /h																
V _c	4323	m ³ /h																
V	n	4	-	V _p	2200	m ³ /h	V	n	5	-								
ZIMNÍ OBDOBÍ	VENTILAČNÍ PROVOZ (KLIMATIZACE)	Požadovaný průtok vzduchu: <table><tr><td>V_p</td><td>16057</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>V_o</td><td>16057</td><td>m³/h</td></tr></table> Koncertní sál - zóna 1 85% V _p = 13648,38 m ³ /h Jevišťe - zóna 2 15% V _p = 2408,539 m ³ /h Celkový průtok po návrhu: V _{p,o} = 16090 m ³ /h - rovnotlaký systém	V _p	16057	m ³ /h	V _o	16057	m ³ /h	Přívod sál: Systemair - IKD - M2 - 600 diffuser with actuator RAL 9010 M2 - servopohon 24V 	V	1365	m ³ /h	Odvod sál: Systemair - 10xNOVA-L-800x150  - 10xNOVA-L-500x200 	V	683	m ³ /h		
		V _p	16057	m ³ /h														
	V _o	16057	m ³ /h															
	V	n	10	-	V _p	13650	m ³ /h	V	n	10	-							
KOMBINOVANÝ PROVOZ	Požadovaný průtok vzduchu: <table><tr><td>V_p</td><td>8645</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>V_o</td><td>8645</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>V_c</td><td>2155</td><td>m³/h</td></tr></table> Koncertní sál - zóna 1 85% V _p = 7348,53 m ³ /h Jevišťe - zóna 2 15% V _p = 1296,8 m ³ /h	V _p	8645	m ³ /h	V _o	8645	m ³ /h	V _c	2155	m ³ /h	Přívod jeviště: Systemair - IKD - M2 - 400 diffuser with actuator RAL 9010 M2 - servopohon 24V 	V	610	m ³ /h	Odvod jeviště: Systemair - NOVA-C-1-325X125 mřížky do potrubí 	V	488	m ³ /h
	V _p	8645	m ³ /h															
V _o	8645	m ³ /h																
V _c	2155	m ³ /h																
V	n	4	-	V _p	2440	m ³ /h	V	n	5	-								

Obr. 26: Distribuční prvky VARIANTY A

zdroj: Vlastní práce

B.6.2 Návrh jednotek a úprav vzduchu, h-x diagramy

Návrh jednotky a úprav vzduchu jsem provedl pomocí softwarového programu TERUNA v1.5b. Výstupy z návrhu jsou uvedeny v Příloze 17. Úpravy vzduchu jsem vynesl do h-x diagramů pomocí počítačového softwaru C.I.C. Jan hřebec - h-x diagram MS Excel

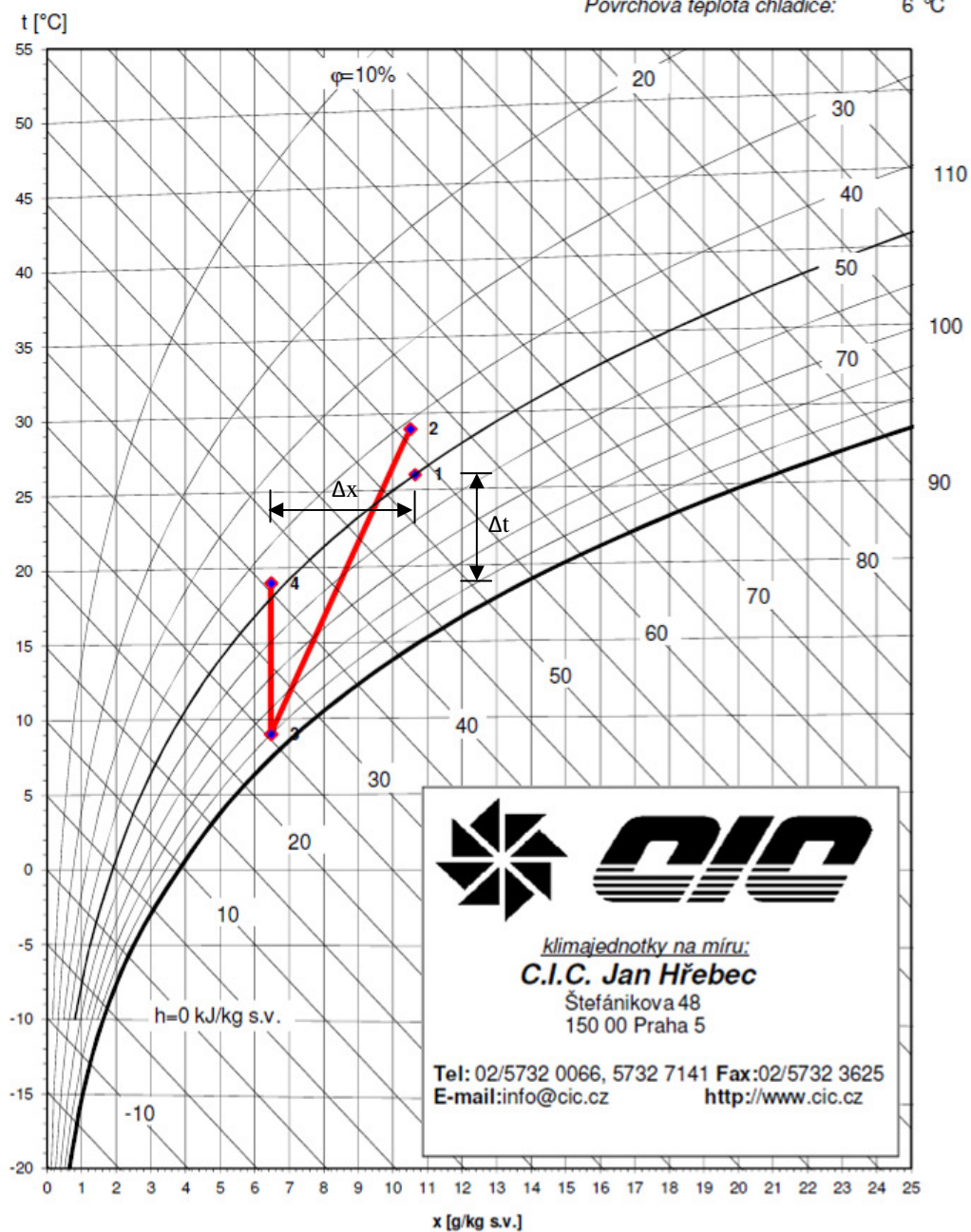
A.01		VARIANTA A	
LÉTO - KLIMATIZACE	PODSTATA NÁVRHU: Chlazení + odvlhčování Stanovení stavu vzduchů - Hx diagram ➡ Návrh výkonu chladiče $Q_1 = 31700 \text{ W}$ - tepelné zisky $M_w = 19,3 \text{ g/s}$ - vodní zisky $V_p = 3,944 \text{ m}^3/\text{s} = 14200 \text{ m}^3/\text{h}$ $V_p = V_o$ ➡ Rozdíl teplot Δt ➡ Rozdíl měř. vlhkostí Δx	KOMPONENTY VZT JEDNOTKY Chladič - přímý výparník ➡ Telota výměníku $6 \text{ }^\circ\text{C}$ Potřebný výkon $142,88 \text{ kW}$ Rozdíl teplot Δt $6,6 \text{ K}$ Rozdíl m. vlhkostí Δx $4,08 \text{ g/kg}$ ZZT - deskový výměník ➡ Mimo provoz - obtok Směšování ➡ 100% čerstvý vzduch	
	VZTAHY PRO VÝPOČET: Výkon chladiče $Q_c = V_p \cdot c \cdot (h_p - h_1) [W]$ Rozdíl teploty přiváděného vzduchu $\Delta t = \frac{Q_1}{V_p \cdot c \cdot \rho} [K]$ Rozdíl měrných vlhkostí $\Delta x = \frac{M_w}{\rho \cdot V_p} [g/kg]$ Výkon ohřivače $Q_o = V_p \cdot c \cdot \rho \cdot (t_p - t_{v1}) [W]$	Ohřivač - vodní ➡ Dohřev 80/60 Potřebný výkon $44,1 \text{ kW}$ Parní vlhčení ➡ Mimo provoz Poznámka: ➡ Tepelná a vodní zátěž interiéru bude zcela pokryta	
ZIMA - KLIMATIZACE	PODSTATA NÁVRHU: ZZT + Ohřev + Vlhčení Stanovení stavu vzduchů - Hx diagram ➡ Návrh výkonu ohřivače $Q_1 = 51620 \text{ W}$ - tepelné zisky $Q_z = 13779 \text{ W}$ - tepelné ztráty $M_w = 15,2 \text{ g/s}$ - vodní zisky $V_p = 4,47 \text{ m}^3/\text{s} = 16090 \text{ m}^3/\text{h}$ $V_p = V_o$ ➡ Rozdíl teplot Δt ➡ Rozdíl měř. vlhkostí Δx	KOMPONENTY VZT JEDNOTKY Chladič - přímý výparník ➡ mimo provoz ZZT - deskový výměník ➡ 50% teplotní účinnost Směšování ➡ 100% čerstvý vzduch Ohřivač - vodní ➡ Dohřev 80/60 Potřebný výkon $35(45) \text{ kW}$ Rozdíl teplot Δt $7,0 \text{ K}$ Rozdíl m. vlhkostí Δx $2,83 \text{ g/kg}$ Parní vlhčení ➡ Dohlžení přívodního vzduchu na relativní vlhkost 56% Dohlžení M_w $129,27 \text{ kg/h}$ Poznámka: ➡ Ohřivač bude třeba navrhnout s větším výkonem, aby dokázal reagovat na změnu stavu v sále.	
	VZTAHY PRO VÝPOČET: Rozdíl teploty přiváděného vzduchu $\Delta t = \frac{Q_1 - Q_z}{V_p \cdot c \cdot \rho} [K]$ Rozdíl měrných vlhkostí $\Delta x = \frac{M_w}{\rho \cdot V_p} [g/kg]$ Výkon ohřivače $Q_o = V_p \cdot c \cdot \rho \cdot (t_p - t_{v1}) [W]$		

Obr. 27: Návrh jednotek a úprav vzduchu VARIANTY A

zdroj: Vlastní práce

Psychrometrický diagram dle Molliera
VARIANTA A - LÉTO

Tlak vzduchu: 100 kPa
Max. vlhkost při úpravách: 100 %
Povrchová teplota chladiče: 6 °C



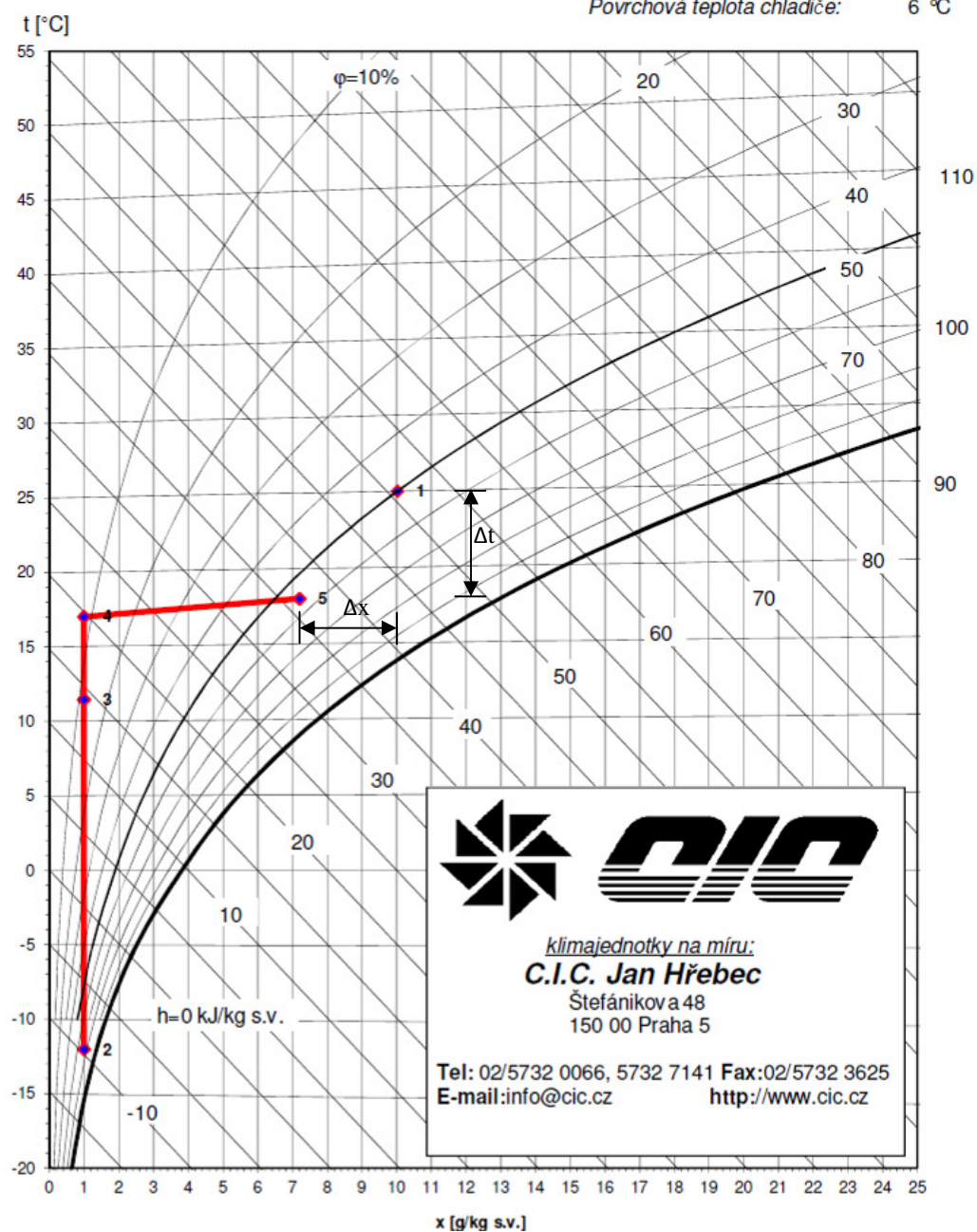
			1	2	3	4
			Int	Ext	C	P
Teplota	t	°C	26,0	29,0	9,0	19,0
rel. vlhkost	φ	%	50%	41%	90%	47%
měr. vlhkost	x	g/kg s.v.	10,6	10,5	6,5	6,5
entalpie	h	kJ/kg s.v.	53,4	56,1	25,4	35,6
hustota	ρ	kg/m ³	1,16	1,15	1,23	1,19
t.vlhkého tepl.	t _v	°C	18,6	19,5	8,2	12,5

Obr. 28: Vybrané úpravy vzduchu v h - x diagramu VARIANTA A, léto

zdroj: Vlastní práce; výstup z programu C.I.C. Jan Hřebec

Psychrometrický diagram dle Molliera
VARIANTA A - ZIMA

Tlak vzduchu: 100 kPa
Max. vlhkost při úpravách: 100 %
Povrchová teplota chladiče: 6 °C



			1	2	3	4	5
			Int	Ext	ZZT	O	Vlh
Teplota	t	°C	25,0	-12,0	11,5	17,0	18,0
rel.vlhkost	φ	%	50%	73%	12%	8%	55%
měr. vlhkost	x	g/kg s.v.	10,0	1,0	1,0	1,0	7,2
entalpie	h	kJ/kg s.v.	50,8	-9,7	14,1	19,7	36,4
hustota	ρ	kg/m ³	1,16	1,33	1,22	1,20	1,19
t.vlhkého tepl.	t _w	°C	17,8	-12,7	2,5	5,5	12,8

Obr. 29: Vybrané úpravy vzduchu v h - x diagramu VARIANTA A, zima

zdroj: Vlastní práce; výstup z programu C.I.C. Jan Hřebec

B.6.3 Sestavy VZT jednotek, návrh komponentů, funkce

Návrh komponentů VZT jednotky jsem provedl pomocí programu C.I.C. Jan Hřebec. Výstupy z programu jsou součástí Přílohy 20.

Funkce jednotky:

Letní období:

- přírodní vzduch bude chlazen a tím i odvlhčován. Přímý výparník je nadimenzován s dostatečným výkonem pro eliminaci vlhkostní zátěže v sále. Dále bude vzduch dohřán na požadované hodnoty. Výměník zpětného získávání tepla pro úsporu energie bude v letních měsících odstaven obtokem. Tento výměník je také vybaven klapkami pro směšování. Směšování vzduchu bude závislé na koncentraci škodlivin v sále. Pokud bude v sále zjištěn výskyt tabákového kouře, jednotka pracuje v plně ventilačním provozu.

Zimní období:

- přírodní vzduch bude procházet přes rekuperační výměník zpětného získávání tepla, kde se předejde. Dále se vzduch dohřeje na požadovanou teplotu. Vodní ohřívač je nadimenzován tak, aby dokázal v případě menšího počtu návštěvníků nebo při prázdném sále dostatečně ohřát vzduch na požadovanou teplotu interiéru. Dohlčení přírodního vzduchu je zajištěno polytropicky párou ve zvlhčovací komoře. Jednotka bude mít v zimních měsících pravděpodobně stále v provozu ZZT výměník. V závislosti na regulaci a vnějších podmínkách však může být tento výměník odstaven a jednotka může pracovat v kombinovaném režimu se směšováním. Odstavením ZZT se sníží tlaková ztráta a tím i spotřeba energie ventilátory.

Další informace o jednotce obsahuje Technická zpráva na straně 68 a zjednodušené regulační schéma s popisem funkcí na straně 58.

B.6.4 Posouzení povrchové kondenzace potrubí

Podrobné softwarové posouzení povrchové kondenzace potrubí je součástí Přílohy 26.

Tab. 10: Posouzení VZT potrubí na povrchovou kondenzaci, VARIANTA A

zdroj: Vlastní práce

VARIANTA A
Úsek A1: Koncertní sál - chlazení léto, zima, přívodní potrubí ➡ RIZIKO KONDENZACE NA VNĚJŠÍ STRANĚ POTRUBÍ - NAVRHOJI TEPELNOU IZOLACI tl. 35mm
Úsek A2: Strojovna - léto, přívodní potrubí ➡ POTRUBÍ NEVYŽADUJE ZAIZOLOVÁNÍ TEPELNOU IZOLACÍ
Úsek A2: Strojovna - zima, přívodní potrubí ➡ POTRUBÍ NEVYŽADUJE ZAIZOLOVÁNÍ TEPELNOU IZOLACÍ
Úsek A3: Strojovna - zima, přívod z exteriéru ➡ POVRCHOVÁ KONDENZACE NA VNĚJŠÍ STRANĚ POTRUBÍ - NAVRHOJI TEPELNOU IZOLACI tl.20mm
Úsek A4: Strojovna - zima, odvod do exteriéru ➡ RIZIKO KONDENZACE NA VNITŘNÍ STRANĚ POTRUBÍ - NAVRHOJI TEPELNOU IZOLACI tl.45mm

B.7 VARIANTA B

Centrální rovnotlaký VZT systém pro celkovou výměnu vzduchu v sále. Systém zaplavovacího větrání. Proudění vzduchu v prostoru - zdola nahoru prostřednictvím velkoplošných vyústek. VZT jednotka bude zajišťovat chlazení, kondenzační odvlhčování, ohřev, rekuperaci (ZZT), parní vlhčení, základní filtraci.

Podmínkou dobré funkčnosti záplavového větrání bylo třeba volit menší pracovní rozdíl teplot přiváděného vzduchu (maximálně 3 - 4 K). Pokud bychom chtěli do prostoru přivádět vzduch nižší pouze o 3 - 4 K než je požadovaná teplota interiéru a přitom zachovat stanovený průtok vzduchu, eliminace všech tepelných zisků by nebyla možná. Pokud bychom chtěli pokrýt veškerou zátěž, průtok vzduchu by musel být navýšen. Norma ČSN 73 0548 umožňuje snížit při extrémních teplotách průtok potřebného vzduchu na polovinu. Navýšení průtoku a tím zvětšení celého VZT systému není ekonomicky vhodné vzhledem k četnosti extrémních podmínek, které mohou nastat. Proto v dalším návrhu postupuji s již stanovenými průtoky.

VARIANTA B	ZAPLAVOVACÍ VĚTRÁNÍ
------------	---------------------

DISTRIBUCE VZDUCHU:

Přívod vzduchu:

- velkoplošné výústky umístěné u podlahy

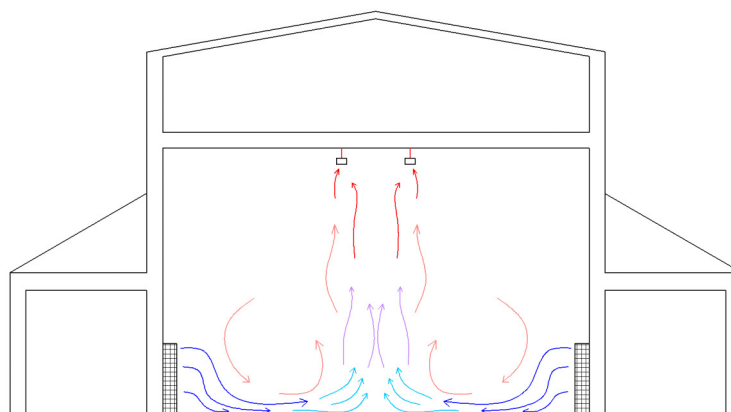


Odvod vzduchu:

- obdelníkové výústky umístěné pod stropem sálu a v prostoru jeviště v příslušném odvodním potrubí



Předpoklad charakteristiky proudění vzduchu v prostoru:



POTRUBÍ:

- kombinace kruhového SPIRO potrubí a čtyřhranného potrubí

CHARAKTERISTIKA

Centrální VZT systém pracující v režimech:

- VENTILAČNÍ - při plném vytížení sálu osobami, v zimním období v kombinaci s ZZT
- KOMBINOVANÝ - bez zátěže osobami, využití oběhového vzduchu - směšování, případně ZZT pro zimní období
- KLIMATIZACE - chlazení s odvlhčováním a dohřev v letním období, rekuperace nebo směšování s dohřevem a parním vlhčením v zimním období

přiváděný vzduch do místnosti bude vzhledem k distribuci přívodního vzduchu zespodu a při plném vytížení sálu chladnější o 3 -4 K vůči teplotě požadované

POŽADAVKY NA ÚPRAVY PŘIVÁDĚNÉHO VZDUCHU A JEDNOTKU VZT:

- eliminace tepelné zátěže
- eliminace vlhkostní zátěže
- dosažení požadované teploty a regulace
- dosažení požadované rel. vlhkosti v zimě
- ekonomické hledisko
- eliminace škodlivin



- chlazení
- odvlhčování
- dohřev
- parní vlhčení
- ZZT s obtokem, jednostupňová filtrace
- ventilační provoz při plném vytížení osobami

POŽADAVKY NA NAVAZUJÍCÍ SYSTÉMY TZB

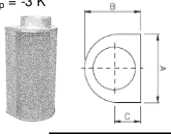

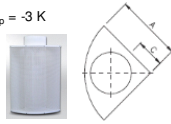

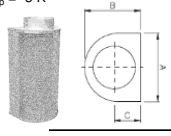

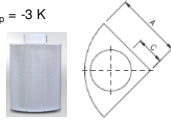

- vytápění - eliminace tepelných ztrát v případě prázdného sálu
- zdroj chladu pro chlazení v jednotce VZT
- zdroj tepla pro dohřev v jednotce VZT
- vyvíječ páry pro parní vlhčení v jednotce VZT

Obr. 30: Koncepční řešení VARIANTY B

zdroj: Vlastní práce

B.7.1 Návrh distribučních prvků

K návrhu odvodních distribučních prvků jsem využil počítačový program Mandík AirCad 2.1. Pro návrh přívodních velkoplošných vyústek jsem použil namogramy z technických listů.

VARIANTA B		VELKOPLOŠNÉ VYÚSTKY	Režim: Ventilací - klimatizace, Kombinovaný	Zp. Distribuce: Zaplavovací větrání																																																																																																																						
LETNÍ OBDOBÍ	VENTILAČNÍ PROVOZ (KLIMATIZACE)	Požadovaný průtok vzduchu: <table><tr><td>V_p</td><td>14025</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>V_o</td><td>14025</td><td>m³/h</td></tr></table> Koncertní sál - zóna 1 85% V _p = 11921,25 m ³ /h Jeviště - zóna 2 15% V _p = 2103,75 m ³ /h Celkový průtok po návrhu: V _{p,o} = 14200 m ³ /h - rovnoloký systém	V _p	14025	m ³ /h	V _o	14025	m ³ /h	Přívod sál: 6 x VPVM - S 400 h = 2000 mm Δt _p = -3 K 	<table><tr><td>V</td><td>1000</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>n</td><td>6</td><td>-</td></tr><tr><td>V_p</td><td>6000</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>Δpc</td><td>31,5</td><td>Pa</td></tr><tr><td>L_{WA}</td><td>25</td><td>dB</td></tr><tr><td>L_{proud}</td><td>3,8</td><td>m</td></tr><tr><td>W_{pobyt zóna}</td><td>0,1955</td><td>m/s</td></tr><tr><td>w_o</td><td>0,17</td><td>m/s</td></tr><tr><td>Δt_t/Δt_p</td><td>0,585</td><td>K</td></tr><tr><td>V</td><td>1500</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>n</td><td>4</td><td>-</td></tr><tr><td>V_p</td><td>6000</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>Δpc</td><td>32</td><td>Pa</td></tr><tr><td>L_{WA}</td><td>26</td><td>dB</td></tr><tr><td>L_{proud}</td><td>3,2</td><td>m</td></tr><tr><td>W_{pobyt zóna}</td><td>0,198</td><td>m/s</td></tr><tr><td>w_o</td><td>0,18</td><td>m/s</td></tr><tr><td>Δt_t/Δt_p</td><td>0,54</td><td>K</td></tr><tr><td>V</td><td>550</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>n</td><td>4</td><td>-</td></tr><tr><td>V_p</td><td>2200</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>Δpc</td><td>12,6</td><td>Pa</td></tr><tr><td>L_{WA}</td><td>13</td><td>dB</td></tr><tr><td>L_{proud}</td><td>3</td><td>m</td></tr><tr><td>W_{pobyt zóna}</td><td>0,1955</td><td>m/s</td></tr><tr><td>w_o</td><td>0,17</td><td>m/s</td></tr><tr><td>Δt_t/Δt_p</td><td>0,54</td><td>K</td></tr></table>	V	1000	m ³ /h	n	6	-	V _p	6000	m ³ /h	Δpc	31,5	Pa	L _{WA}	25	dB	L _{proud}	3,8	m	W _{pobyt zóna}	0,1955	m/s	w _o	0,17	m/s	Δt _t /Δt _p	0,585	K	V	1500	m ³ /h	n	4	-	V _p	6000	m ³ /h	Δpc	32	Pa	L _{WA}	26	dB	L _{proud}	3,2	m	W _{pobyt zóna}	0,198	m/s	w _o	0,18	m/s	Δt _t /Δt _p	0,54	K	V	550	m ³ /h	n	4	-	V _p	2200	m ³ /h	Δpc	12,6	Pa	L _{WA}	13	dB	L _{proud}	3	m	W _{pobyt zóna}	0,1955	m/s	w _o	0,17	m/s	Δt _t /Δt _p	0,54	K	Odvod sál: VNKM 1 - 1025 x 325 Jednořadá výústka - regulace R1 pro kruhové potrubí  <table><tr><td>V</td><td>1420</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>n</td><td>10</td><td>-</td></tr><tr><td>V_p</td><td>14200</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>Δpc</td><td>11,13</td><td>Pa</td></tr><tr><td>L_{WA}</td><td>28,37</td><td>dB</td></tr><tr><td>L_{proud}</td><td>-</td><td>m</td></tr><tr><td>W_{pobyt zóna}</td><td>-</td><td>m/s</td></tr><tr><td>w_o</td><td>1,7</td><td>m/s</td></tr><tr><td>W_{potrubí}</td><td>3</td><td>m/s</td></tr><tr><td>D_{potrubí}</td><td>630/2400</td><td>m/s</td></tr></table>	V	1420	m ³ /h	n	10	-	V _p	14200	m ³ /h	Δpc	11,13	Pa	L _{WA}	28,37	dB	L _{proud}	-	m	W _{pobyt zóna}	-	m/s	w _o	1,7	m/s	W _{potrubí}	3	m/s	D _{potrubí}	630/2400	m/s
	V _p	14025	m ³ /h																																																																																																																							
V _o	14025	m ³ /h																																																																																																																								
V	1000	m ³ /h																																																																																																																								
n	6	-																																																																																																																								
V _p	6000	m ³ /h																																																																																																																								
Δpc	31,5	Pa																																																																																																																								
L _{WA}	25	dB																																																																																																																								
L _{proud}	3,8	m																																																																																																																								
W _{pobyt zóna}	0,1955	m/s																																																																																																																								
w _o	0,17	m/s																																																																																																																								
Δt _t /Δt _p	0,585	K																																																																																																																								
V	1500	m ³ /h																																																																																																																								
n	4	-																																																																																																																								
V _p	6000	m ³ /h																																																																																																																								
Δpc	32	Pa																																																																																																																								
L _{WA}	26	dB																																																																																																																								
L _{proud}	3,2	m																																																																																																																								
W _{pobyt zóna}	0,198	m/s																																																																																																																								
w _o	0,18	m/s																																																																																																																								
Δt _t /Δt _p	0,54	K																																																																																																																								
V	550	m ³ /h																																																																																																																								
n	4	-																																																																																																																								
V _p	2200	m ³ /h																																																																																																																								
Δpc	12,6	Pa																																																																																																																								
L _{WA}	13	dB																																																																																																																								
L _{proud}	3	m																																																																																																																								
W _{pobyt zóna}	0,1955	m/s																																																																																																																								
w _o	0,17	m/s																																																																																																																								
Δt _t /Δt _p	0,54	K																																																																																																																								
V	1420	m ³ /h																																																																																																																								
n	10	-																																																																																																																								
V _p	14200	m ³ /h																																																																																																																								
Δpc	11,13	Pa																																																																																																																								
L _{WA}	28,37	dB																																																																																																																								
L _{proud}	-	m																																																																																																																								
W _{pobyt zóna}	-	m/s																																																																																																																								
w _o	1,7	m/s																																																																																																																								
W _{potrubí}	3	m/s																																																																																																																								
D _{potrubí}	630/2400	m/s																																																																																																																								
KOMBINOVANÝ PROVOZ	Požadovaný průtok vzduchu: <table><tr><td>V_p</td><td>8645</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>V_o</td><td>8645</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>V_c</td><td>4323</td><td>m³/h</td></tr></table> Koncertní sál - zóna 1 85% V _p = 7348,53 m ³ /h Jeviště - zóna 2 15% V _p = 1296,8 m ³ /h	V _p	8645	m ³ /h	V _o	8645	m ³ /h	V _c	4323	m ³ /h	Přívod jeviště: 4 x VPVM - R 800 h = 2000 mm Δt _p = -3 K 	Odvod jeviště: VNKM 1 - 1225 x 125 Jednořadá výústka - regulace R1 pro kruhové potrubí  <table><tr><td>V</td><td>550</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>n</td><td>4</td><td>-</td></tr><tr><td>V_p</td><td>2200</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>Δpc</td><td>10,9</td><td>Pa</td></tr><tr><td>L_{WA}</td><td>28,18</td><td>dB</td></tr><tr><td>L_{proud}</td><td>-</td><td>m</td></tr><tr><td>w_o</td><td>1,64</td><td>m/s</td></tr><tr><td>W_{potrubí}</td><td>3</td><td>m/s</td></tr><tr><td>D_{potrubí}</td><td>300/900</td><td>m/s</td></tr></table>	V	550	m ³ /h	n	4	-	V _p	2200	m ³ /h	Δpc	10,9	Pa	L _{WA}	28,18	dB	L _{proud}	-	m	w _o	1,64	m/s	W _{potrubí}	3	m/s	D _{potrubí}	300/900	m/s																																																																																			
V _p	8645	m ³ /h																																																																																																																								
V _o	8645	m ³ /h																																																																																																																								
V _c	4323	m ³ /h																																																																																																																								
V	550	m ³ /h																																																																																																																								
n	4	-																																																																																																																								
V _p	2200	m ³ /h																																																																																																																								
Δpc	10,9	Pa																																																																																																																								
L _{WA}	28,18	dB																																																																																																																								
L _{proud}	-	m																																																																																																																								
w _o	1,64	m/s																																																																																																																								
W _{potrubí}	3	m/s																																																																																																																								
D _{potrubí}	300/900	m/s																																																																																																																								
ZIMNÍ OBDOBÍ	VENTILAČNÍ PROVOZ (KLIMATIZACE)	Požadovaný průtok vzduchu: <table><tr><td>V_p</td><td>16057</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>V_o</td><td>16057</td><td>m³/h</td></tr></table> Koncertní sál - zóna 1 85% V _p = 13648,38 m ³ /h Jeviště - zóna 2 15% V _p = 2408,539 m ³ /h Celkový průtok po návrhu: V _{p,o} = 16400 m ³ /h - rovnoloký systém	V _p	16057	m ³ /h	V _o	16057	m ³ /h	Přívod sál: 6 x VPVM - S 400 h = 2000 mm Δt _p = -3 K 	<table><tr><td>V</td><td>1000</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>n</td><td>6</td><td>-</td></tr><tr><td>V_p</td><td>6000</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>Δpc</td><td>31,5</td><td>Pa</td></tr><tr><td>L_{WA}</td><td>25</td><td>dB</td></tr><tr><td>L_{proud}</td><td>3,8</td><td>m</td></tr><tr><td>W_{pobyt zóna}</td><td>0,1955</td><td>m/s</td></tr><tr><td>w_o</td><td>0,17</td><td>m/s</td></tr><tr><td>Δt_t/Δt_p</td><td>0,585</td><td>K</td></tr><tr><td>V</td><td>2000</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>n</td><td>4</td><td>-</td></tr><tr><td>V_p</td><td>8000</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>Δpc</td><td>56</td><td>Pa</td></tr><tr><td>L_{WA}</td><td>32</td><td>dB</td></tr><tr><td>L_{proud}</td><td>3,6</td><td>m</td></tr><tr><td>W_{pobyt zóna}</td><td>0,198</td><td>m/s</td></tr><tr><td>w_o</td><td>0,18</td><td>m/s</td></tr><tr><td>Δt_t/Δt_p</td><td>0,54</td><td>K</td></tr><tr><td>V</td><td>600</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>n</td><td>4</td><td>-</td></tr><tr><td>V_p</td><td>2400</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>Δpc</td><td>14</td><td>Pa</td></tr><tr><td>L_{WA}</td><td>15</td><td>dB</td></tr><tr><td>L_{proud}</td><td>3,1</td><td>m</td></tr><tr><td>W_{pobyt zóna}</td><td>0,1955</td><td>m/s</td></tr><tr><td>w_o</td><td>0,17</td><td>m/s</td></tr><tr><td>Δt_t/Δt_p</td><td>0,585</td><td>K</td></tr></table>	V	1000	m ³ /h	n	6	-	V _p	6000	m ³ /h	Δpc	31,5	Pa	L _{WA}	25	dB	L _{proud}	3,8	m	W _{pobyt zóna}	0,1955	m/s	w _o	0,17	m/s	Δt _t /Δt _p	0,585	K	V	2000	m ³ /h	n	4	-	V _p	8000	m ³ /h	Δpc	56	Pa	L _{WA}	32	dB	L _{proud}	3,6	m	W _{pobyt zóna}	0,198	m/s	w _o	0,18	m/s	Δt _t /Δt _p	0,54	K	V	600	m ³ /h	n	4	-	V _p	2400	m ³ /h	Δpc	14	Pa	L _{WA}	15	dB	L _{proud}	3,1	m	W _{pobyt zóna}	0,1955	m/s	w _o	0,17	m/s	Δt _t /Δt _p	0,585	K	Odvod sál: VNKM 1 - 1025 x 325 Jednořadá výústka - regulace R1 pro kruhové potrubí  <table><tr><td>V</td><td>1400</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>n</td><td>10</td><td>-</td></tr><tr><td>V_p</td><td>14000</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>Δpc</td><td>11,01</td><td>Pa</td></tr><tr><td>L_{WA}</td><td>28,27</td><td>dB</td></tr><tr><td>L_{proud}</td><td>-</td><td>m</td></tr><tr><td>W_{pobyt zóna}</td><td>-</td><td>m/s</td></tr><tr><td>w_o</td><td>1,67</td><td>m/s</td></tr><tr><td>W_{potrubí}</td><td>3</td><td>m/s</td></tr><tr><td>D_{potrubí}</td><td>630/2400</td><td>m/s</td></tr></table>	V	1400	m ³ /h	n	10	-	V _p	14000	m ³ /h	Δpc	11,01	Pa	L _{WA}	28,27	dB	L _{proud}	-	m	W _{pobyt zóna}	-	m/s	w _o	1,67	m/s	W _{potrubí}	3	m/s	D _{potrubí}	630/2400	m/s
	V _p	16057	m ³ /h																																																																																																																							
V _o	16057	m ³ /h																																																																																																																								
V	1000	m ³ /h																																																																																																																								
n	6	-																																																																																																																								
V _p	6000	m ³ /h																																																																																																																								
Δpc	31,5	Pa																																																																																																																								
L _{WA}	25	dB																																																																																																																								
L _{proud}	3,8	m																																																																																																																								
W _{pobyt zóna}	0,1955	m/s																																																																																																																								
w _o	0,17	m/s																																																																																																																								
Δt _t /Δt _p	0,585	K																																																																																																																								
V	2000	m ³ /h																																																																																																																								
n	4	-																																																																																																																								
V _p	8000	m ³ /h																																																																																																																								
Δpc	56	Pa																																																																																																																								
L _{WA}	32	dB																																																																																																																								
L _{proud}	3,6	m																																																																																																																								
W _{pobyt zóna}	0,198	m/s																																																																																																																								
w _o	0,18	m/s																																																																																																																								
Δt _t /Δt _p	0,54	K																																																																																																																								
V	600	m ³ /h																																																																																																																								
n	4	-																																																																																																																								
V _p	2400	m ³ /h																																																																																																																								
Δpc	14	Pa																																																																																																																								
L _{WA}	15	dB																																																																																																																								
L _{proud}	3,1	m																																																																																																																								
W _{pobyt zóna}	0,1955	m/s																																																																																																																								
w _o	0,17	m/s																																																																																																																								
Δt _t /Δt _p	0,585	K																																																																																																																								
V	1400	m ³ /h																																																																																																																								
n	10	-																																																																																																																								
V _p	14000	m ³ /h																																																																																																																								
Δpc	11,01	Pa																																																																																																																								
L _{WA}	28,27	dB																																																																																																																								
L _{proud}	-	m																																																																																																																								
W _{pobyt zóna}	-	m/s																																																																																																																								
w _o	1,67	m/s																																																																																																																								
W _{potrubí}	3	m/s																																																																																																																								
D _{potrubí}	630/2400	m/s																																																																																																																								
KOMBINOVANÝ PROVOZ	Požadovaný průtok vzduchu: <table><tr><td>V_p</td><td>8645</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>V_o</td><td>8645</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>V_c</td><td>4323</td><td>m³/h</td></tr></table> Koncertní sál - zóna 1 85% V _p = 7348,53 m ³ /h Jeviště - zóna 2 15% V _p = 1296,8 m ³ /h	V _p	8645	m ³ /h	V _o	8645	m ³ /h	V _c	4323	m ³ /h	Přívod jeviště: 4 x VPVM - R 800 h = 2000 mm Δt _p = -3 K 	Odvod jeviště: VNKM 1 - 1225 x 125 Jednořadá výústka - regulace R1 pro kruhové potrubí  <table><tr><td>V</td><td>600</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>n</td><td>4</td><td>-</td></tr><tr><td>V_p</td><td>2400</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>Δpc</td><td>11,46</td><td>Pa</td></tr><tr><td>L_{WA}</td><td>28,65</td><td>dB</td></tr><tr><td>L_{proud}</td><td>-</td><td>m</td></tr><tr><td>w_o</td><td>1,79</td><td>m/s</td></tr><tr><td>W_{potrubí}</td><td>3</td><td>m/s</td></tr><tr><td>D_{potrubí}</td><td>300/900</td><td>m/s</td></tr></table>	V	600	m ³ /h	n	4	-	V _p	2400	m ³ /h	Δpc	11,46	Pa	L _{WA}	28,65	dB	L _{proud}	-	m	w _o	1,79	m/s	W _{potrubí}	3	m/s	D _{potrubí}	300/900	m/s																																																																																			
V _p	8645	m ³ /h																																																																																																																								
V _o	8645	m ³ /h																																																																																																																								
V _c	4323	m ³ /h																																																																																																																								
V	600	m ³ /h																																																																																																																								
n	4	-																																																																																																																								
V _p	2400	m ³ /h																																																																																																																								
Δpc	11,46	Pa																																																																																																																								
L _{WA}	28,65	dB																																																																																																																								
L _{proud}	-	m																																																																																																																								
w _o	1,79	m/s																																																																																																																								
W _{potrubí}	3	m/s																																																																																																																								
D _{potrubí}	300/900	m/s																																																																																																																								

Obr. 31: Distribuční prvky VARIANTY B

zdroj: Vlastní práce

B.7.2 Návrh jednotek a úprav vzduchu

Návrh jednotky a úprav vzduchu jsem provedl pomocí softwarového programu TERUNA v1.5b. Výstupy z návrhu jsou uvedeny v Příloze 18. Úpravy vzduchu jsem vynesl do h-x diagramů pomocí počítačového softwaru C.I.C. Jan hřebec - h-x diagram MS Excel.

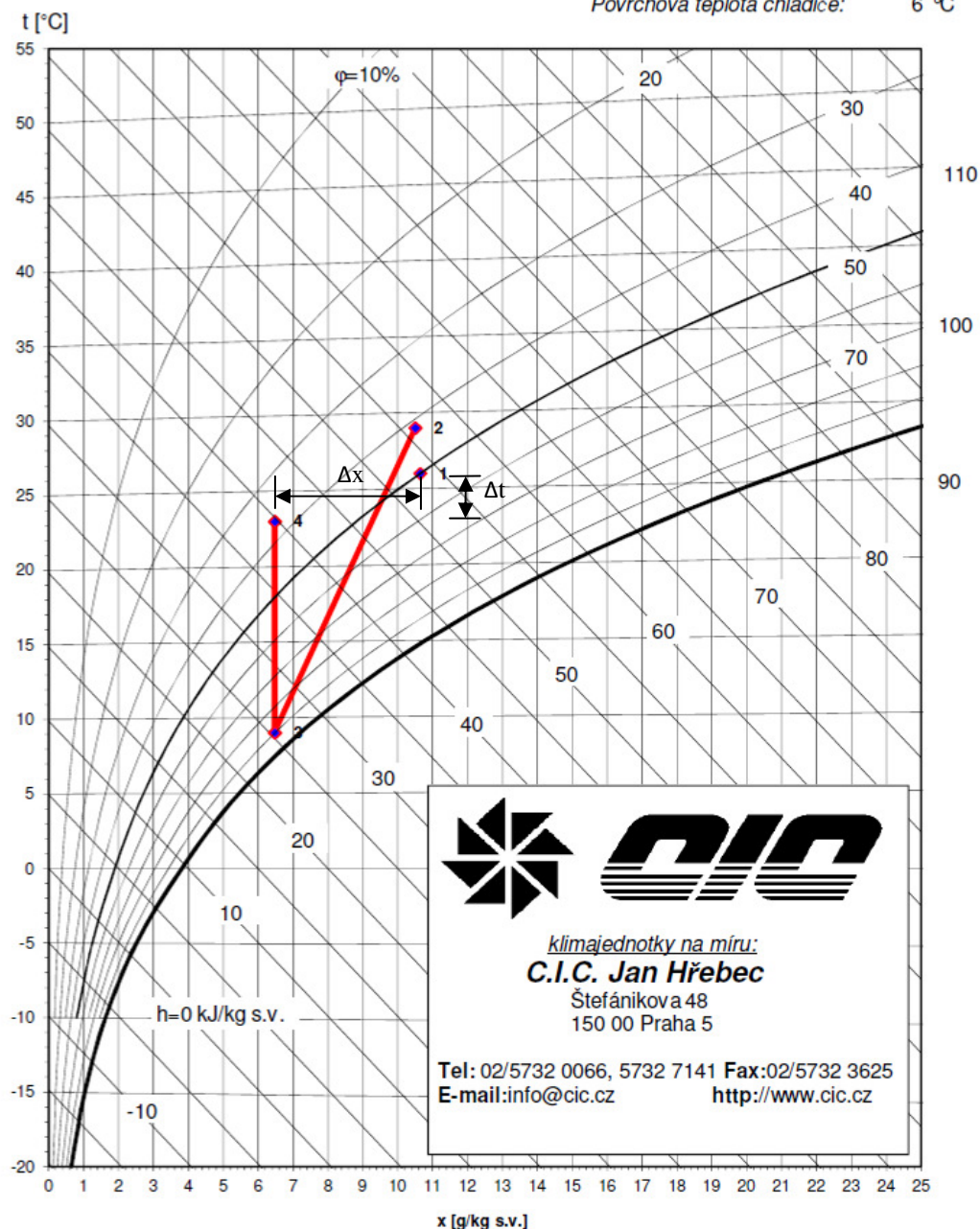
B.01		VARIANTA B	
LÉTO - KLIMATIZACE	PODSTATA NÁVRHU: Chlazení + odvlhčování Stanovení stavu vzduchů - Hx diagram ➔ Návrh výkonu chladiče $Q_1 = 31700 \text{ W}$ - tepelné zisky $M_w = 19,3 \text{ g/s}$ - vodní zisky $V_p = 3,944 \text{ m}^3/\text{s} = 14200 \text{ m}^3/\text{h}$ $V_p = V_o$ ➔ Rozdíl teplot Δt ➔ Rozdíl měř. vlhkostí Δx	KOMPONENTY VZT JEDNOTKY Chladič - přímý výparník ➔ Telota výměníku 6 °C Potřebný. Výkon 161,89 kW Rozdíl teplot Δt 3 K Rozdíl m. vlhkostí Δx 4,08 g/kg ZZT - deskový výměník ➔ Mimo provoz - obtok Směšování ➔ 100% čerstvý vzduch	
	VZTAHY PRO VÝPOČET: Výkon chladiče $Q_c = V_p \cdot c \cdot (h_p - h_1) [W]$ Rozdíl teploty přiváděného vzduchu $\Delta t = \frac{Q_1}{V_p \cdot c \cdot \rho} [K]$ volím dle distribučních prvků Rozdíl měrných vlhkostí $\Delta x = \frac{M_w}{\rho \cdot V_p} [g/kg]$ Výkon ohřivače $Q_o = V_p \cdot c \cdot \rho \cdot (t_p - t_{v1}) [W]$	Ohřivač - vodní ➔ Dohřev 80/60 Potřebný výkon 69,95 kW Parní vlhčení ➔ Mimo provoz Poznámka: ➔ Vzhledem k distribučním prvkům je při návrhu počítáno v extrémních podmínkách se sníženým průtokem vzduchu dle ČSN 730548 Vodní zisky budou zcela pokryty	
ZIMA - KLIMATIZACE	PODSTATA NÁVRHU: ZZT + Ohřev + Vlhčení Stanovení stavu vzduchů - Hx diagram ➔ Návrh výkonu ohřivače $Q_1 = 51620 \text{ W}$ - tepelné zisky $Q_z = 13779 \text{ W}$ - tepelné ztráty $M_w = 15,2 \text{ g/s}$ - vodní zisky $V_p = 4,56 \text{ m}^3/\text{s} = 16400 \text{ m}^3/\text{h}$ $V_p = V_o$ ➔ Rozdíl teplot Δt ➔ Rozdíl měř. vlhkostí Δx	KOMPONENTY VZT JEDNOTKY Chladič - přímý výparník ➔ mimo provoz ZZT - deskový výměník ➔ 50% teplotní účinnost Směšování ➔ 100% čerstvý vzduch Ohřivač - vodní ➔ Dohřev 80/60 Potřebný výkon 41(46) kW Rozdíl teplot Δt 3 K Rozdíl m. vlhkostí Δx 2,83 g/kg Parní vlhčení ➔ Dovlhčení přivodního vzduchu na relativní vlhkost 56% Dovlhčení M_w 80,63 kg/h Poznámka: ➔ Ohřivač bude třeba navrhnout s větším výkonem, aby dokázal reagovat na změnu stavu v sále.	
	VZTAHY PRO VÝPOČET: Rozdíl teploty přiváděného vzduchu $\Delta t = \frac{Q_1 - Q_z}{V_p \cdot c \cdot \rho} [K]$ Rozdíl měrných vlhkostí $\Delta x = \frac{M_w}{\rho \cdot V_p} [g/kg]$ Výkon ohřivače $Q_o = V_p \cdot c \cdot \rho \cdot (t_p - t_{v1}) [W]$		

Obr. 32: Návrh jednotek a úprav vzduchu VARIANTY B

zdroj: Vlastní práce

Psychrometrický diagram dle Molliera
VARIANTA B - LETO

Tlak vzduchu: 100 kPa
Max. vlhkost při úpravách: 100 %
Povrchová teplota chladiče: 6 °C



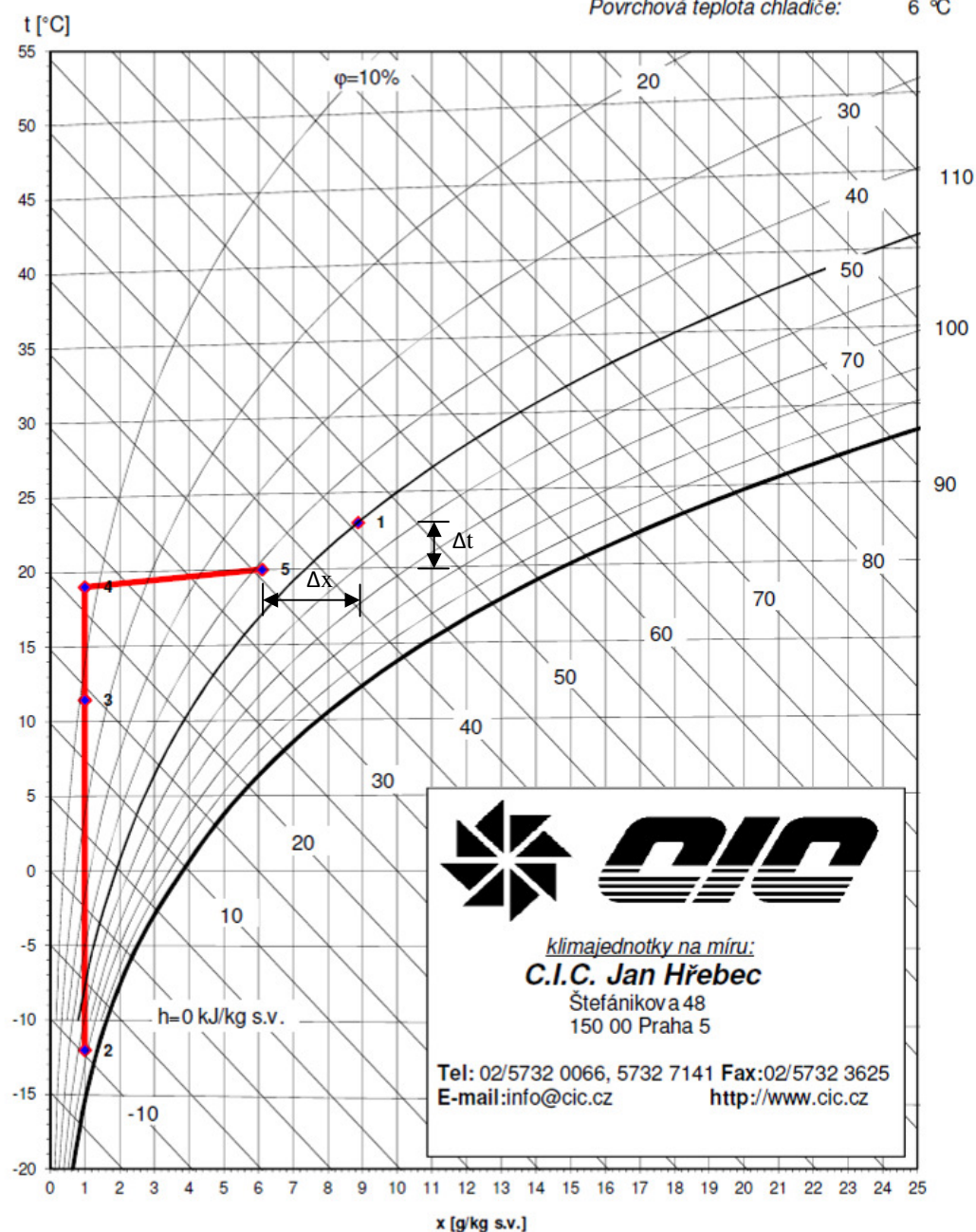
			1	2	3	4
			Int	Ext	C	P
Teplota	t	°C	26,0	29,0	9,0	23,0
rel.vlhkost	φ	%	50%	41%	90%	37%
měr. vlhkost	x	g/kg s.v.	10,6	10,5	6,5	6,5
entalpie	h	kJ/kg s.v.	53,4	56,1	25,4	39,7
hustota	ρ	kg/m ³	1,16	1,15	1,23	1,17
t.vlhkého tepl.	t _v	°C	18,6	19,5	8,2	14,0

Obr. 33: Vybrané úpravy vzduchu v h - x diagramu VARIANTA B, léto

zdroj: Vlastní práce; výstup z programu C.I.C. Jan Hřebec

Psychrometrický diagram dle Molliera
VARIANTA B - ZIMA

Tlak vzduchu: 100 kPa
Max. vlhkost při úpravách: 100 %
Povrchová teplota chladiče: 6 °C



			1	2	3	4	5
			Int	Ext	ZZT	O	Vlh
Teplota	t	°C	23,0	-12,0	11,5	19,0	20,0
rel.vlhkost	φ	%	50%	73%	12%	7%	42%
měr. vlhkost	x	g/kg s.v.	8,9	1,0	1,0	1,0	6,1
entalpie	h	kJ/kg s.v.	45,8	-9,7	14,1	21,7	35,7
hustota	ρ	kg/m ³	1,17	1,33	1,22	1,19	1,18
t.vlhkého tepl.	t _v	°C	16,2	-12,7	2,5	6,4	12,5

Obr. 34: Vybrané úpravy vzduchu v h - x diagramu VARIANTA B, zima

zdroj: Vlastní práce; výstup z programu C.I.C. Jan Hřebec

B.7.3 Sestavy VZT jednotek, návrh komponentů, funkce

Návrh komponentů VZT jednotky jsem provedl pomocí programu C.I.C. Jan Hřebec. Výstupy z programu jsou součástí Přílohy 22.

Funkce jednotky:

Letní období:

- přívodní vzduch bude chlazen a tím i odvlhčován. Přímý výparník je nadimenzován s dostatečným výkonem pro odvlhčování. Dále bude vzduch dohřán na požadované hodnoty. Výměník zpětného získávání tepla pro úsporu energie bude v letních měsících odstaven obtokem. Tento výměník je také vybaven klapkami pro směšování. Směšování vzduchu bude závislé na koncentraci škodlivin v sále. Pokud bude v sále zjištěn výskyt tabákového kouře, jednotka pracuje v plně ventilačním provozu.

Zimní období:

- přívodní vzduch bude procházet přes rekuperační výměník zpětného získávání tepla, kde se předejde. Dále se vzduch dohřeje na požadovanou teplotu. Vodní ohřívač je nadimenzován tak, aby dokázal v případě menšího počtu návštěvníků nebo při prázdném sále dostatečně ohřát vzduch na požadovanou teplotu interiéru. Dovolnění přívodního vzduchu je zajištěno polytropicky párou ve zvlhčovací komoře. Jednotka bude mít v zimních měsících pravděpodobně stále v provozu ZZT výměník. V závislosti na regulaci a vnějších podmínkách však může být tento výměník odstaven a jednotka může pracovat v kombinovaném režimu se směšováním. Odstavením ZZT se sníží tlaková ztráta a tím i spotřeba energie ventilátory.

Další informace o jednotce obsahuje Technická zpráva na straně 68 a zjednodušené regulační schéma s popisem funkcí na straně 58.

B.7.4 Posouzení povrchové kondenzace potrubí

Podrobné softwarové posouzení povrchové kondenzace potrubí je součástí Přílohy 27.

Tab. 11: Posouzení VZT potrubí na povrchovou kondenzaci, VARIANTA B

zdroj: Vlastní práce

VARIANTA B	
Úsek B1: Koncertní sál - chlazení léto, zima	→ PŘÍVODNÍ POTRUBÍ BUDE ODIZOLOVÁNO V RÁMCI ZAKRYTÍ KCÍ - FALEŠNÉ SLOUPY
Úsek B2: Strojovna - léto	→ POTRUBÍ NEVYŽADUJE ZAIZOLOVÁNÍ TEPELNOU IZOLACÍ
Úsek B2: Strojovna - zima	→ POTRUBÍ NEVYŽADUJE ZAIZOLOVÁNÍ TEPELNOU IZOLACÍ
Úsek B3: Strojovna - zima, přívod z exteriéru	→ POVRCHOVÁ KONDENZACE NA VNĚJŠÍ STRANĚ POTRUBÍ - NAVRHUJI TEPELNOU IZOLACI tl.20mm
Úsek B4: Strojovna - zima, odvod do exteriéru	→ RIZIKO KONDENZACE NA VNITŘNÍ STRANĚ POTRUBÍ - NAVRHUJI TEPELNOU IZOLACI tl.45mm

B.8 VARIANTA C

Centrální rovnotlaký VZT systém teplovzdušného vytápění pro celkovou výměnu vzduchu v sále. Systém směšování radiálním proudem. Proudění vzduchu v prostoru - zdola nahoru pro koncertní sál, shora nahoru jeviště. Přívod vzduchu bude zajištěn vířivými vyústkami a anemostaty. VZT jednotka bude zajišťovat ohřev, rekuperaci (ZZT), parní vlhčení, dvojstupňovou filtraci pro odfiltrování škodlivin (tabákového kouře).

VARIANTA C	SMĚŠOVÁNÍ RADIÁLNÍM PROUDEM
-------------------	------------------------------------

DISTRIBUCE VZDUCHU:

Přívod vzduchu:

- Vířivé vyústky nebo anemostaty umístěné v podhledu přilehlých místností, pod balkónem v sále a v prostoru jeviště

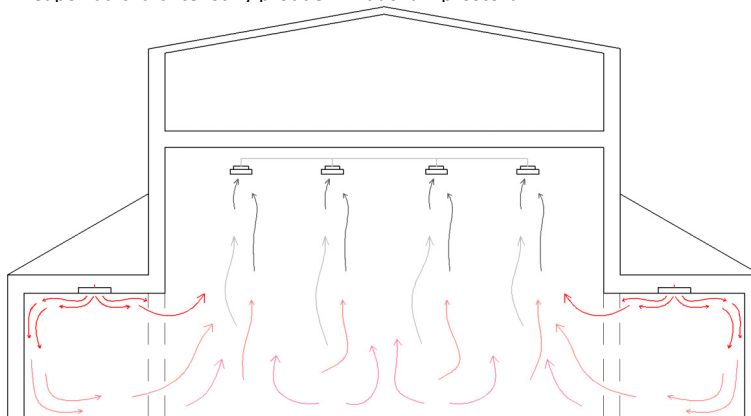


Odvod vzduchu:

- perforované difusory umístěné pod stropem sálu a obdelníkové vyústky v prostoru jeviště v přiznaném odvodním potrubí



Předpoklad charakteristiky proudění vzduchu v prostoru:



POTRUBÍ:

- kruhové SPIRO potrubí

CHARAKTERISTIKA

Centrální VZT systém pracující v režimech:

- KOMBINOVANÝ - využití oběhového vzduchu v letním období - směšování, případně ZZT pro zimní období
 - chlazení pouze v režimu free-cooling v zimním období
 - dvoustupňová filtrace s uhlíkovými filtry

- TEPLOVZDUŠNÉ VYTÁPĚNÍ - ohřev se směšováním nebo rekuperací, parní vlhčení

přiváděný vzduch do místnosti bude teplejší o potřebnou hodnotu k pokrytí tepelných ztrát

POŽADAVKY NA ÚPRAVY PŘIVÁDĚNÉHO VZDUCHU A JEDNOTKU VZT:

- eliminace tepelných ztrát
- dosažení požadované rel. vlhkosti v zimě
- ekonomické hledisko
- eliminace škodlivin



- ohřev
- parní vlhčení
- ZZT s obtokem, stálé využití oběhového vzduchu
- dvoustupňová filtrace s uhlíkovými filtry

POŽADAVKY NA NAVAZUJÍCÍ SYSTÉMY TZB

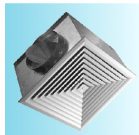
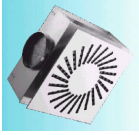



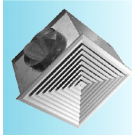



- chlazení - eliminace tepelné zátěže v letním období a při plně vytíženém sálu osobami
- zdroj tepla pro ohřev v jednotce VZT
- vyvíječ páry pro parní vlhčení v jednotce VZT

Obr. 35: Konceptní řešení VARIANTY C

zdroj: Vlastní práce

B.8.1 Návrh distribučních prvků

K návrhu distribučních prvků jsem využil počítačové programy Systemair ADP selection software a Mandík AirCad 2.1.

VARIANTA C		VÍŘIVÉ VYÚSTKY			Režim: Kombinovaný/Ventilační, Teplovzdušné vytápění			Zp. Distribuce: Směšování s radálním proudem																																																																													
LETNÍ OBDOBÍ	VENTILAČNÍ PROVOZ (KLIMATIZACE)	Požadovaný průtok vzduchu: <table><tr><td>V_p</td><td>14025</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>V_o</td><td>14025</td><td>m³/h</td></tr></table> Koncertní sál - zóna 1 85% V _p = 11921,25 m ³ /h Jeviště - zóna 2 15% V _p = 2103,75 m ³ /h Celkový průtok po návrhu: V _{p,o} = 14170 m ³ /h - rovnotlaký systém			V _p	14025	m ³ /h	V _o	14025	m ³ /h	Přívod sál: 16 x ALCM 600 Anemostat lamelový  5 x VVM 600 / 48 Vřířva výustka Vertikální připojení 			<table><tr><td>V</td><td>570</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>n</td><td>16</td><td>-</td></tr><tr><td>V_p</td><td>9120</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>Δpc</td><td>5,74</td><td>Pa</td></tr><tr><td>L_{WA}</td><td>20</td><td>dB</td></tr><tr><td>w_{H1}</td><td>0,18</td><td>m/s</td></tr></table> <table><tr><td>V</td><td>570</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>n</td><td>5</td><td>-</td></tr><tr><td>V_p</td><td>2850</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>Δpc</td><td>18,05</td><td>Pa</td></tr><tr><td>L_{WA}</td><td>27</td><td>dB</td></tr><tr><td>w_{H1}</td><td>0,16</td><td>m/s</td></tr></table>			V	570	m ³ /h	n	16	-	V _p	9120	m ³ /h	Δpc	5,74	Pa	L _{WA}	20	dB	w _{H1}	0,18	m/s	V	570	m ³ /h	n	5	-	V _p	2850	m ³ /h	Δpc	18,05	Pa	L _{WA}	27	dB	w _{H1}	0,16	m/s	Odvod sál: Systemair - TSF - 250 Perforovaný odvodní difuzor  <table><tr><td>V</td><td>748</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>n</td><td>16</td><td>-</td></tr><tr><td>V_p</td><td>11970</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>Δpc</td><td>14</td><td>Pa</td></tr><tr><td>L_{WA}</td><td>20</td><td>dB</td></tr><tr><td>L_{proud}</td><td>-</td><td>m</td></tr><tr><td>w_{pobyt z. zóna}</td><td>-</td><td>m/s</td></tr><tr><td>w_o</td><td>0,2</td><td>m/s</td></tr></table>			V	748	m ³ /h	n	16	-	V _p	11970	m ³ /h	Δpc	14	Pa	L _{WA}	20	dB	L _{proud}	-	m	w _{pobyt z. zóna}	-	m/s	w _o	0,2	m/s						
	V _p	14025	m ³ /h																																																																																		
	V _o	14025	m ³ /h																																																																																		
V	570	m ³ /h																																																																																			
n	16	-																																																																																			
V _p	9120	m ³ /h																																																																																			
Δpc	5,74	Pa																																																																																			
L _{WA}	20	dB																																																																																			
w _{H1}	0,18	m/s																																																																																			
V	570	m ³ /h																																																																																			
n	5	-																																																																																			
V _p	2850	m ³ /h																																																																																			
Δpc	18,05	Pa																																																																																			
L _{WA}	27	dB																																																																																			
w _{H1}	0,16	m/s																																																																																			
V	748	m ³ /h																																																																																			
n	16	-																																																																																			
V _p	11970	m ³ /h																																																																																			
Δpc	14	Pa																																																																																			
L _{WA}	20	dB																																																																																			
L _{proud}	-	m																																																																																			
w _{pobyt z. zóna}	-	m/s																																																																																			
w _o	0,2	m/s																																																																																			
KOMBINOVANÝ PROVOZ	Požadovaný průtok vzduchu: <table><tr><td>V_p</td><td>8645</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>V_o</td><td>8645</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>V_c</td><td>4323</td><td>m³/h</td></tr></table> Koncertní sál - zóna 1 85% V _p = 7348,53 m ³ /h Jeviště - zóna 2 15% V _p = 1296,8 m ³ /h	V _p	8645	m ³ /h	V _o	8645	m ³ /h	V _c	4323	m ³ /h	Přívod jeviště: VASM 315 Vřířivý anemostat stavitelný Svislé připojení 			<table><tr><td>V</td><td>550</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>n</td><td>4</td><td>-</td></tr><tr><td>V_p</td><td>2200</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>Δpc</td><td>13,86</td><td>Pa</td></tr><tr><td>L_{WA}</td><td>34</td><td>dB</td></tr><tr><td>w_{H1}</td><td>0,13</td><td>m/s</td></tr><tr><td>L_p</td><td>4</td><td>m</td></tr></table> <table><tr><td>V</td><td>550</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>n</td><td>4</td><td>-</td></tr><tr><td>V_p</td><td>2200</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>Δpc</td><td>13,86</td><td>Pa</td></tr><tr><td>L_{WA}</td><td>34</td><td>dB</td></tr><tr><td>w_{H1}</td><td>0,13</td><td>m/s</td></tr><tr><td>L_p</td><td>4</td><td>m</td></tr></table>			V	550	m ³ /h	n	4	-	V _p	2200	m ³ /h	Δpc	13,86	Pa	L _{WA}	34	dB	w _{H1}	0,13	m/s	L _p	4	m	V	550	m ³ /h	n	4	-	V _p	2200	m ³ /h	Δpc	13,86	Pa	L _{WA}	34	dB	w _{H1}	0,13	m/s	L _p	4	m	Odvod jeviště: Systemair - NOVA-C-1-325X125 mřížky do potrubí  <table><tr><td>V</td><td>440</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>n</td><td>5</td><td>-</td></tr><tr><td>V_p</td><td>2200</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>Δpc</td><td>9</td><td>Pa</td></tr><tr><td>L_{WA}</td><td>20</td><td>dB</td></tr><tr><td>L_{proud}</td><td>-</td><td>m</td></tr><tr><td>w_{pobyt z. zóna}</td><td>-</td><td>m/s</td></tr><tr><td>w_o</td><td>3</td><td>m/s</td></tr></table>			V	440	m ³ /h	n	5	-	V _p	2200	m ³ /h	Δpc	9	Pa	L _{WA}	20	dB	L _{proud}	-	m	w _{pobyt z. zóna}	-	m/s	w _o	3	m/s
V _p	8645	m ³ /h																																																																																			
V _o	8645	m ³ /h																																																																																			
V _c	4323	m ³ /h																																																																																			
V	550	m ³ /h																																																																																			
n	4	-																																																																																			
V _p	2200	m ³ /h																																																																																			
Δpc	13,86	Pa																																																																																			
L _{WA}	34	dB																																																																																			
w _{H1}	0,13	m/s																																																																																			
L _p	4	m																																																																																			
V	550	m ³ /h																																																																																			
n	4	-																																																																																			
V _p	2200	m ³ /h																																																																																			
Δpc	13,86	Pa																																																																																			
L _{WA}	34	dB																																																																																			
w _{H1}	0,13	m/s																																																																																			
L _p	4	m																																																																																			
V	440	m ³ /h																																																																																			
n	5	-																																																																																			
V _p	2200	m ³ /h																																																																																			
Δpc	9	Pa																																																																																			
L _{WA}	20	dB																																																																																			
L _{proud}	-	m																																																																																			
w _{pobyt z. zóna}	-	m/s																																																																																			
w _o	3	m/s																																																																																			
ZIMNÍ OBDOBÍ	KOMBINOVANÝ PROVOZ (NUCENÉ VĚTRÁNÍ)	Požadovaný průtok vzduchu: <table><tr><td>V_p</td><td>14025</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>V_o</td><td>14025</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>V_c</td><td>7013</td><td>m³/h</td></tr></table> Koncertní sál - zóna 1 85% V _p = 11921,25 m ³ /h Jeviště - zóna 2 15% V _p = 2103,75 m ³ /h Celkový průtok po návrhu: V _{p,o} = 14170 m ³ /h - rovnotlaký systém			V _p	14025	m ³ /h	V _o	14025	m ³ /h	V _c	7013	m ³ /h	Přívod sál: 16 x ALCM 600 Anemostat lamelový  5 x VVM 600 / 48 Vřířva výustka Vertikální připojení 			<table><tr><td>V</td><td>545</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>n</td><td>16</td><td>-</td></tr><tr><td>V_p</td><td>8720</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>Δpc</td><td>5,28</td><td>Pa</td></tr><tr><td>L_{WA}</td><td>18</td><td>dB</td></tr><tr><td>w_{H1}</td><td>0,17</td><td>m/s</td></tr><tr><td>w_o</td><td>0,19</td><td>m/s</td></tr></table> <table><tr><td>V</td><td>650</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>n</td><td>5</td><td>-</td></tr><tr><td>V_p</td><td>3250</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>Δpc</td><td>23,47</td><td>Pa</td></tr><tr><td>L_{WA}</td><td>23,47</td><td>dB</td></tr><tr><td>w_{H1}</td><td>0,19</td><td>m/s</td></tr></table>			V	545	m ³ /h	n	16	-	V _p	8720	m ³ /h	Δpc	5,28	Pa	L _{WA}	18	dB	w _{H1}	0,17	m/s	w _o	0,19	m/s	V	650	m ³ /h	n	5	-	V _p	3250	m ³ /h	Δpc	23,47	Pa	L _{WA}	23,47	dB	w _{H1}	0,19	m/s	Odvod sál: Systemair - TSF - 250 Perforovaný odvodní difuzor  <table><tr><td>V</td><td>748</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>n</td><td>16</td><td>-</td></tr><tr><td>V_p</td><td>11970</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>Δpc</td><td>14</td><td>Pa</td></tr><tr><td>L_{WA}</td><td>20</td><td>dB</td></tr><tr><td>L_{proud}</td><td>-</td><td>m</td></tr><tr><td>w_{pobyt z. zóna}</td><td>-</td><td>m/s</td></tr><tr><td>w_o</td><td>0,2</td><td>m/s</td></tr></table>			V	748	m ³ /h	n	16	-	V _p	11970	m ³ /h	Δpc	14	Pa	L _{WA}	20	dB	L _{proud}	-	m	w _{pobyt z. zóna}	-	m/s	w _o	0,2	m/s
	V _p	14025	m ³ /h																																																																																		
	V _o	14025	m ³ /h																																																																																		
V _c	7013	m ³ /h																																																																																			
V	545	m ³ /h																																																																																			
n	16	-																																																																																			
V _p	8720	m ³ /h																																																																																			
Δpc	5,28	Pa																																																																																			
L _{WA}	18	dB																																																																																			
w _{H1}	0,17	m/s																																																																																			
w _o	0,19	m/s																																																																																			
V	650	m ³ /h																																																																																			
n	5	-																																																																																			
V _p	3250	m ³ /h																																																																																			
Δpc	23,47	Pa																																																																																			
L _{WA}	23,47	dB																																																																																			
w _{H1}	0,19	m/s																																																																																			
V	748	m ³ /h																																																																																			
n	16	-																																																																																			
V _p	11970	m ³ /h																																																																																			
Δpc	14	Pa																																																																																			
L _{WA}	20	dB																																																																																			
L _{proud}	-	m																																																																																			
w _{pobyt z. zóna}	-	m/s																																																																																			
w _o	0,2	m/s																																																																																			
VENTILAČNÍ PROVOZ (TEPLOVZDUŠNÉ VYTÁPĚNÍ)	Požadovaný průtok vzduchu: <table><tr><td>V_p</td><td>8645</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>V_o</td><td>8645</td><td>m³/h</td></tr></table> Koncertní sál - zóna 1 85% V _p = 7348,53 m ³ /h Jeviště - zóna 2 15% V _p = 1296,80 m ³ /h	V _p	8645	m ³ /h	V _o	8645	m ³ /h	Přívod jeviště: VASM 315 Vřířivý anemostat stavitelný Svislé připojení 			<table><tr><td>V</td><td>550</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>n</td><td>4</td><td>-</td></tr><tr><td>V_p</td><td>2200</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>Δpc</td><td>13,86</td><td>Pa</td></tr><tr><td>L_{WA}</td><td>34</td><td>dB</td></tr><tr><td>w_{H1}</td><td>0,13</td><td>m/s</td></tr><tr><td>L_p</td><td>4</td><td>m</td></tr></table> <table><tr><td>V</td><td>550</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>n</td><td>4</td><td>-</td></tr><tr><td>V_p</td><td>2200</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>Δpc</td><td>13,86</td><td>Pa</td></tr><tr><td>L_{WA}</td><td>34</td><td>dB</td></tr><tr><td>w_{H1}</td><td>0,13</td><td>m/s</td></tr><tr><td>L_p</td><td>4</td><td>m</td></tr></table>			V	550	m ³ /h	n	4	-	V _p	2200	m ³ /h	Δpc	13,86	Pa	L _{WA}	34	dB	w _{H1}	0,13	m/s	L _p	4	m	V	550	m ³ /h	n	4	-	V _p	2200	m ³ /h	Δpc	13,86	Pa	L _{WA}	34	dB	w _{H1}	0,13	m/s	L _p	4	m	Odvod jeviště: Systemair - NOVA-C-1-325X125 mřížky do potrubí  <table><tr><td>V</td><td>440</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>n</td><td>5</td><td>-</td></tr><tr><td>V_p</td><td>2200</td><td>m³/h</td></tr><tr><td>Δpc</td><td>9</td><td>Pa</td></tr><tr><td>L_{WA}</td><td>20</td><td>dB</td></tr><tr><td>L_{proud}</td><td>-</td><td>m</td></tr><tr><td>w_{pobyt z. zóna}</td><td>-</td><td>m/s</td></tr><tr><td>w_o</td><td>3</td><td>m/s</td></tr></table>			V	440	m ³ /h	n	5	-	V _p	2200	m ³ /h	Δpc	9	Pa	L _{WA}	20	dB	L _{proud}	-	m	w _{pobyt z. zóna}	-	m/s	w _o	3	m/s			
V _p	8645	m ³ /h																																																																																			
V _o	8645	m ³ /h																																																																																			
V	550	m ³ /h																																																																																			
n	4	-																																																																																			
V _p	2200	m ³ /h																																																																																			
Δpc	13,86	Pa																																																																																			
L _{WA}	34	dB																																																																																			
w _{H1}	0,13	m/s																																																																																			
L _p	4	m																																																																																			
V	550	m ³ /h																																																																																			
n	4	-																																																																																			
V _p	2200	m ³ /h																																																																																			
Δpc	13,86	Pa																																																																																			
L _{WA}	34	dB																																																																																			
w _{H1}	0,13	m/s																																																																																			
L _p	4	m																																																																																			
V	440	m ³ /h																																																																																			
n	5	-																																																																																			
V _p	2200	m ³ /h																																																																																			
Δpc	9	Pa																																																																																			
L _{WA}	20	dB																																																																																			
L _{proud}	-	m																																																																																			
w _{pobyt z. zóna}	-	m/s																																																																																			
w _o	3	m/s																																																																																			

Obr. 36: Distribuční prvky VARIANTY C

zdroj: Vlastní práce

B.8.2 Návrh jednotek a úprav vzduchu

Návrh jednotky a úprav vzduchu jsem provedl pomocí softwarového programu TERUNA v1.5b. Výstupy jsou uvedeny v Příloze 19. Úpravy vzduchu jsem vynesl do h-x diagramů pomocí počítačového softwaru C.I.C. Jan hřebec - h-x diagram MS Excel.

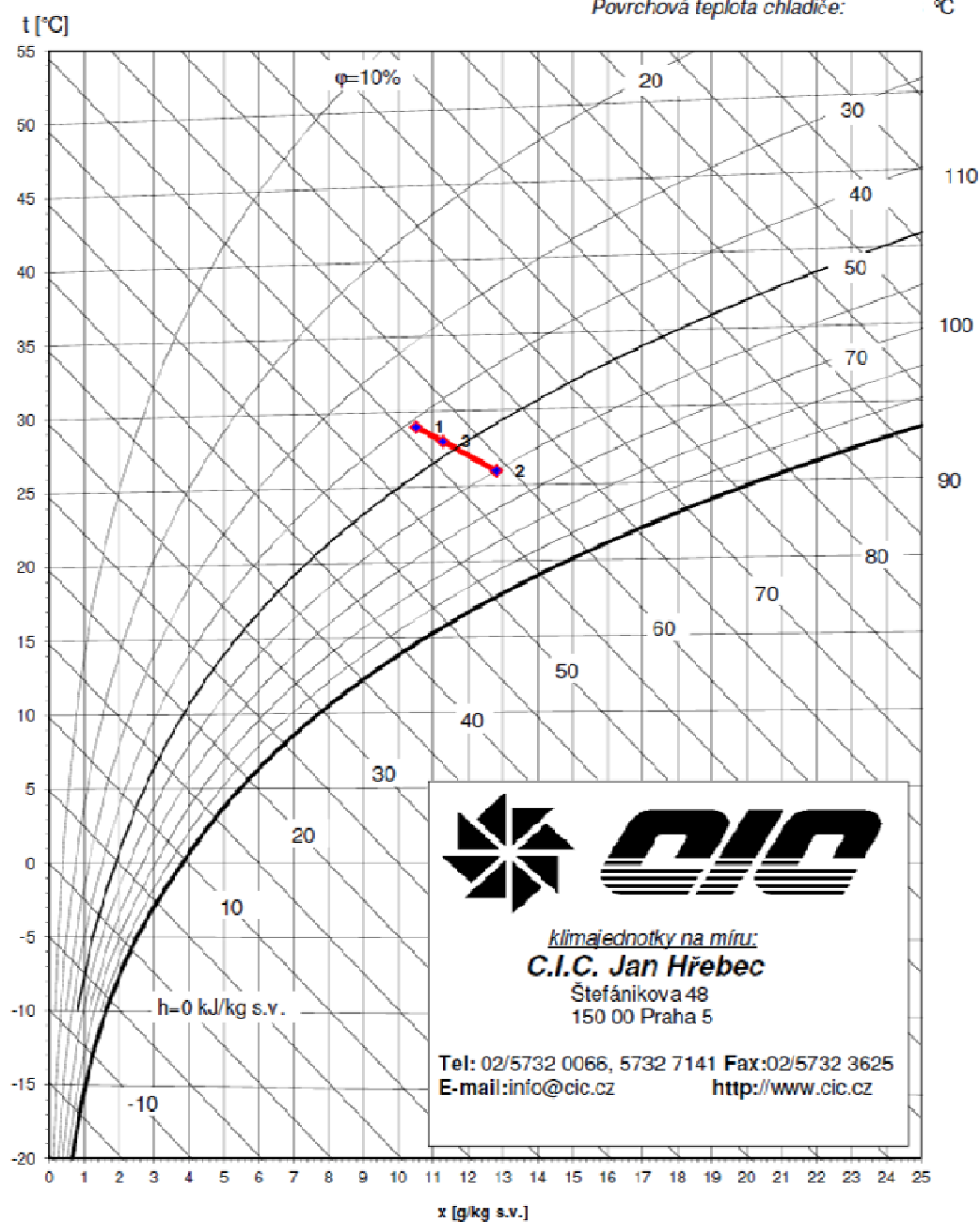
C.01 VARIANTA C		
LÉTO - NUCENÉ VĚTRÁNÍ	PODSTATA NÁVRHU: Nucené větrání Stanovení stavu vzduchů - Hx diagram ➡ Návrh ventilace $V_p = 3,936 \text{ m}^3/\text{s} = 14170 \text{ m}^3/\text{h}$ $V_p = V_o$	KOMPONENTY VZT JEDNOTKY ZZT - deskový výměník ➡ Mimo provoz - obtok Směšování ➡ 50% čerstvý vzduch Ohřivač - vodní ➡ Mimo provoz Parní vlhčení ➡ Mimo provoz Poznámka: ➡ Zařízení nebude pokrývat tepelnou zátěž. Tepelnou a vodní zátěž lze řešit navazujícím zařízením TZB - dílčí chlazení
	VZTAHY PRO VÝPOČET: Míšení vzduchu obecné psychrometrické vztahy Pro směšování je z důvodu zjednodušení uvažováno s konstantní hustotou vzduchu	
ZIMA - TEPLOVZDUŠNÉ VYTÁPĚNÍ	PODSTATA NÁVRHU: ZZT + Ohřev + Vlhčení Stanovení stavu vzduchů - Hx diagram ➡ Návrh výkonu ohřivače $Q_z = 13779 \text{ W}$ - tepelné ztráty $V_p = 2,401 \text{ m}^3/\text{s} = 8645 \text{ m}^3/\text{h}$ ➡ $V_p = V_o$ ➡ Rozdíl teplot Δt ➡ Rozdíl měř. vlhkostí Δx	KOMPONENTY VZT JEDNOTKY ZZT - deskový výměník ➡ 50% teplotní účinnost Směšování ➡ 100% čerstvý vzduch Ohřivač - vodní ➡ Dohřev 80/60 Potřebný výkon 38,22 kW Rozdíl teplot Δt 5 K Parní vlhčení ➡ Dovlhčení přívodního vzduchu na relativní vlhkost 50% Dovlhčení Mw 68,67 kg/h Poznámka: ➡ Zařízení pokryje tepelné ztráty ➡ Návrh teplovzdušného vytápění je pro prázdný sál, kdy je interiér ovlivněn pouze tepelnými ztrátami
	VZTAHY PRO VÝPOČET: Rozdíl teploty přiváděného vzduchu $\Delta t = \frac{Q_z}{V_p \cdot c \cdot \rho} [K]$ Výkon ohřivače $Q_o = V_p \cdot c \cdot \rho \cdot (t_p - t_{v1}) [W]$	

Obr. 37: Návrh jednotek a úprav vzduchu VARIANTY A

zdroj: Vlastní práce

Psychrometrický diagram dle Molliera
VARIANTA C - LÉTO

Tlak vzduchu: 100 kPa
Max. vlhkost při úpravách: 100 %
Povrchová teplota chladiče: °C



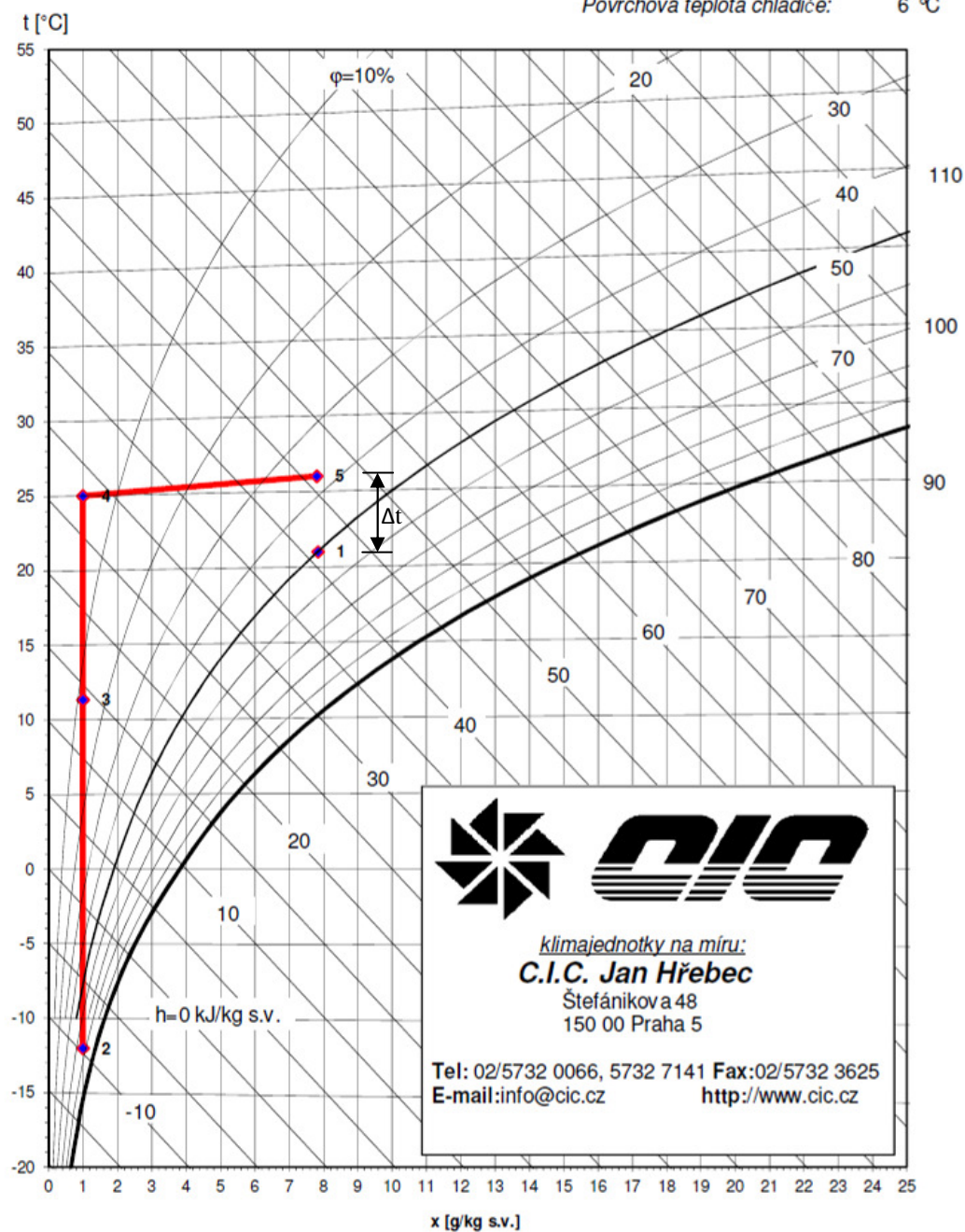
			1	2	3
			Ext	Odv	P
Teplota	t	°C	29,0	26,0	28,0
rel. vlhkost	ϕ	%	41%	60%	47%
měr. vlhkost	x	g/kg s.v.	10,5	12,8	11,3
entalpie	h	kJ/kg s.v.	56,1	58,9	57,1
hustota	ρ	kg/m ³	1,15	1,16	1,15
t. vlhkého tepl.	t _v	°C	19,4	20,3	19,9
Skut. průtok	V _s	m ³ /h	14 998	7 452	22 450
Norm. průtok	V _n	m ³ /h	14 170	7 085	21 255
Předaný výkon	P	kW			
Odpařené vody	q _w	kg/h			0,0

Obr. 38: Vybrané úpravy vzduchu v h - x diagramu VARIANTA C, léto

zdroj: Vlastní práce; výstup z programu C.I.C. Jan Hřebec

Psychrometrický diagram dle Molliera
VARIANTA C - ZIMA

Tlak vzduchu: 100 kPa
Max. vlhkost při úpravách: 100 %
Povrchová teplota chladiče: 6 °C



			1	2	3	4	5
			Int	Ext	ZZT	O	Vlh
Teplota	t	°C	21,0	-12,0	11,4	25,0	26,0
rel. vlhkost	φ	%	50%	73%	12%	5%	37%
měr. vlhkost	x	g/kg s.v.	7,8	1,0	1,0	1,0	7,8
entalpie	h	kJ/kg s.v.	41,1	-9,7	14,0	27,8	46,1
hustota	ρ	kg/m ³	1,18	1,33	1,22	1,17	1,16
t. vlhkého tepl.	tv	°C	14,5	-12,7	2,3	9,2	16,3

Obr. 39: Vybrané úpravy vzduchu v h - x diagramu VARIANTA C, zima

zdroj: Vlastní práce; výstup z programu C.I.C. Jan Hřebec

Úprava vzduchu v zimní období je vykreslena pro prázdný sál. V případě plného sálu není potřeba eliminovat tepelné ztráty.

B.8.3 Sestava VZT jednotky, návrh komponentů, funkce

Návrh komponentů VZT jednotky jsem provedl pomocí programu C.I.C. Jan Hřebec. Výstupy z programu jsou součástí Přílohy 24.

Funkce jednotky:

Letní období:

- v letním období nebude přívodní vzduch upravován, pouze filtrován. Výměník zpětného získávání tepla pro úsporu energie bude odstaven obtokem. Tento výměník je také vybaven klapkami pro směšování. Jednotka bude pracovat v kombinovaném provozu z důvodu úspory energie. Vzduch přiváděný z interiéru bude filtrován dvoustupňovou filtrací. Uhlíkové filtry zajistí zbavení vzduchu škodlivin tabákového kouře.

Zimní období:

- přívodní vzduch bude procházet přes rekuperační výměník zpětného získávání tepla, kde se předeheje. Dále se vzduch doheje na požadovanou teplotu. Vodní ohřívač je nadimenzován tak, aby dokázal ohřát vzduch na požadovanou teplotu (cca o 5 K vyšší než je teplota požadovaná) k pokrytí tepelných ztrát. Dovlhčení přívodního vzduchu je zajištěno polytropicky párou ve zvlhčovací komoře. Jednotka bude v zimních měsících kombinovat provoz ZZT výměníku se směšováním. V závislosti na regulaci a vnějších podmínkách však může být tento výměník odstaven a jednotka může pracovat zcela v kombinovaném režimu se směšováním. Odstavením ZZT se sníží tlaková ztráta a tím i spotřeba energie ventilátory. Dvoustupňovou filtrací je zajištěno vyčištění oběhového vzduchu od škodlivin.

Další informace o jednotce obsahuje Technická zpráva na straně 68 a zjednodušené regulační schéma s popisem funkcí 58.

B.8.4 Posouzení povrchové kondenzace potrubí

Podrobné softwarové posouzení povrchové kondenzace potrubí je součástí Přílohy 28.

Tab. 12: Posouzení VZT potrubí na povrchovou kondenzaci, VARIANTA C

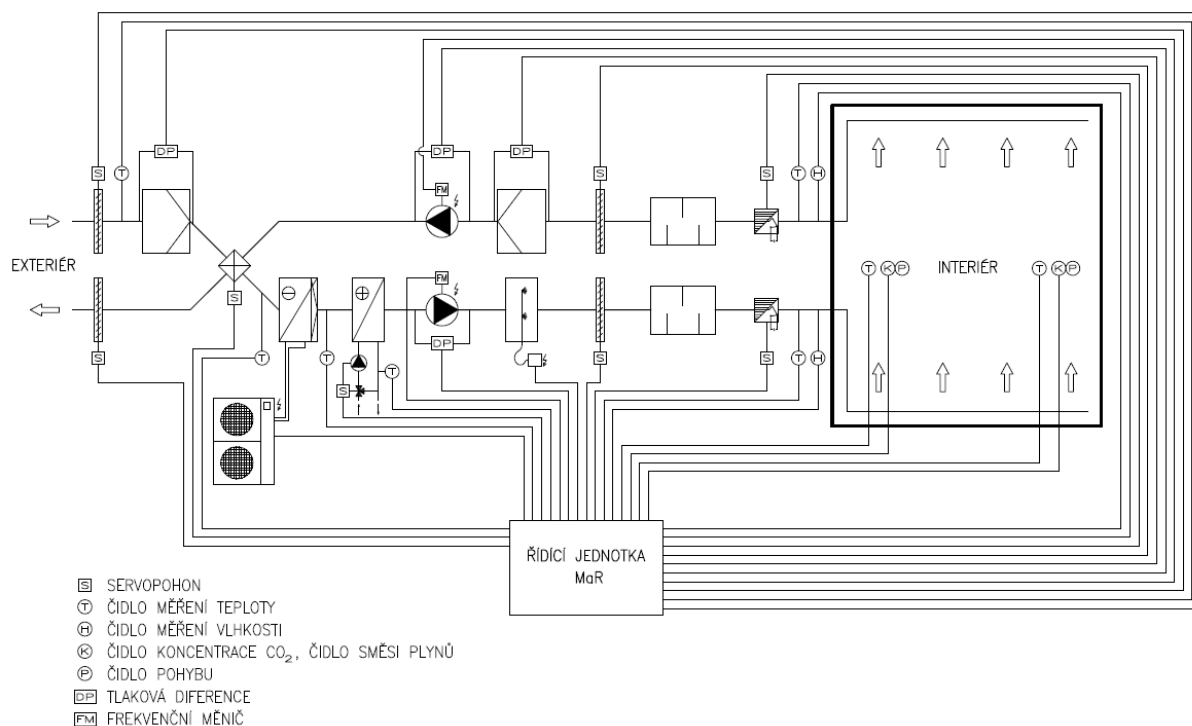
zdroj: Vlastní práce

VARIANTA C
Úsek C1: Koncertní sál - léto ➡ POTRUBÍ NEVYŽADUJE ZAIZOLOVÁNÍ TEPELNOU IZOLACÍ
Úsek C2: Strojovna - zima ➡ POTRUBÍ NEVYŽADUJE ZAIZOLOVÁNÍ TEPELNOU IZOLACÍ
Úsek C3: Strojovna - zima, přívod z exteriéru ➡ POVRCHOVÁ KONDENZACE NA VNĚJŠÍ STRANĚ POTRUBÍ - NAVRHUJI TEPELNOU IZOLACI tl.20mm
Úsek C4: Strojovna - zima, odvod do exteriéru ➡ POTRUBÍ NEVYŽADUJE ZAIZOLOVÁNÍ TEPELNOU IZOLACÍ

B.9 Měření a regulace, schéma, popis funkcí

Automatická regulace zajišťuje řízení vybraných veličin prostředí nebo provozních parametrů zařízení. Pro navržené systémy budou regulovanými veličinami teploty, vlhkosti, koncentrace škodlivin a průtoky vzduchu. Regulovatelnost těchto veličin je zajištěna prostřednictvím navržených zařízení.

Zpracoval jsem jedno příkladové ideové řešení regulačního schématu a zjednodušený popis funkcí jednotlivých zařízení instalovaných ve VZT jednotkách a VZT systému. Schéma a popis funkcí zahrnuje VARIANTY A a B. Pro VARIANTU C by schéma bylo obdobné.



Obr. 40: Ideové schéma MaR

zdroj: Vlastní práce

Popis a funkce vzduchotechnického zařízení koncertního sálu

Centrální jednotka bude vybavena automatickou regulací, která bude zajišťovat následující funkce:

Řídící jednotka:

Bude sloužit ke komplexnímu řízení chodu, ovládání a silovému napětí VZT. Zajistí komfortní, přesnou regulaci při snadném ovládání. Možnost automatického spuštění a zastavení s možností nastavení programu. Automatická regulace zajistí signalizaci všech důležitých provozních stavů, havarijních stavů a stavu sledovaných veličin. Dále také ovládání požárních klapků a signalizaci polohy jejich listu.

Ventilátory:

Budou osazeny frekvenčním měničem (regulátorem otáček), který zajistí požadované množství vzduchu a z důvodu ekonomické hospodárnosti. Dále umožní nezávislou změnu poměru přiváděného a odváděného vzduchu. Před i za ventilátorem bude osazeno čidlo tlaku. Tato čidla budou sloužit pro kontrolu difference tlaku a tlakové ztráty.

Vodní ohřívač:

Vodní lamelový ohřívač bude regulován tak, aby v zimním a přechodném období byla teplota přiváděného vzduchu ve výši požadované teploty tj. 21 °C pro variantu A a B a 26 °C pro pokrytí tepelných ztrát varianty C.

Čerpadlo zajišťuje konstantní průtok vody ohřívačem, třícestný ventil ovládaný servopohonem zajišťuje kvalitativní regulaci topné vody. Není-li požadován plný výkon, začne třícestný ventil směšovat přívodní vodu se zpátečkou. Není-li požadován žádný topný výkon, proudí voda pouze v okruhu ohřívače. Aby při regulaci nedocházelo k úplnému zastavení proudění vody v kotlovém okruhu, je směšovací uzel vybaven obtokem (bypass). Obtok slouží k vyrovnaní tlaků tak, aby nedocházelo ke vzájemnému ovlivňování čerpadel, a také zabraňuje vychladnutí vody v kotlovém okruhu. Výkon ohřívače bude řízen v závislosti na venkovní teplotě (ekvitermně).

Chladič - přímý výparník:

Přímý výparník bude regulován tak, aby v letním období byla teplota přiváděného vzduchu nižší než je extrémní teplota 29 °C. Pro VARIANTU A je teplota přiváděného vzduchu o 7 K nižší, u VARIANTY B o 3 K z důvodu dosažení požadované teploty.

Regulace výkonu přímého chladiče bude zajištěna plynule frekvenčním měničem - invertor. Kompresor pracuje až od 20% výkonu.

ZZT:

Regulace rekuperačního deskového výměníku pro zpětné získávání tepla bude zajištěno pomocí klapky.

Filtry:

Budou osazeny dle variant. Pro VARIANTU A a B - na sání z venkovního prostředí - kapsový filtr F7 - 630. Na sání z interiéru - kapsový filtr F5 - 630. VARIANTA C - na sání z venkovního prostředí - kapsový filtr F7 - 630. Na sání z interiéru - předfiltr F7 a filtr s aktivním uhlím. Znečištění filtrů a následná tlaková ztráta bude kontrolována pomocí tlakových čidel (kontrola difference tlaku).

Parní zvlhčovač vzduchu:

Regulaci zvlhčovače vzduchu bude zajišťovat řídicí jednotka pomocí vlhkostního čidla na přívodu do sálu. Vlhkost bude udržována v požadovaném rozmezí (40 – 60 %).

Regulační klapky:

Budou řízeny servopohonem - 4 polohy. Dle programu.

Požární klapky (PK):

Zabraňují šíření požáru a zplodin hoření v potrubních rozvodech VZT. Zařízení se navrhuje dle ČSN 73 0872.

PK budou osazeny servopohonem - servopohon po připojení na napájecí napětí 24V resp. 230V přestaví list klapky do provozní polohy "OTEVŘENO" a současně předejde její zpětnou pružinu. Po dobu, kdy je servopohon pod napětím, nachází se list klapky v poloze "OTEVŘENO" a zpětná pružina je předeprnuta. Doba pro úplné otevření listu klapky z polohy "ZAVŘENO" do polohy "OTEVŘENO" je max. 140 s. Jestliže dojde k přerušení napájení servopohonu (ztrátou napájecího napětí, aktivací termoelektrického spouštěcího zařízení, nebo stisknutím resetovacího tlačítka na termoelektrickém spouštěcím zařízení), zpětná pružina přestaví list klapky do havarijní polohy "ZAVŘENO". Doba přestavení listu z polohy "OTEVŘENO" do polohy "ZAVŘENO" je max. 16 s.

Protimrazová ochrana:

Při snížení teploty přiváděného vzduchu za ohřivačem (nebo teploty vratné vody, případně obou) pod povolenou mez dojde k

- a) uzavření vstupních uzavíracích klapek,
- b) vypnutí ventilátorů,
- c) otevření třicestného ventilu na straně topné vody na 100 %,
- d) signalizace poruchy na řídicí jednotce.

Uvedený stav trvá až do doby, než obsluha zkontroluje stav zařízení, odstraní příčinu poruchového stavu. Regulační klapky jsou osazeny termokabelem proti namrzání.

Teplotní ochrana:

Pravidla a zabezpečení:

- a) blokáce ohřívače pokud neběží přívodní ventilátor,
- b) nejdříve vypnutí ohřívače a až s časovým odstupem dostatečným na vychladnutí ohřívače lze zavřít a zastavit ventilátor (platí pro ruční i automatické vypínání),
- c) filtr vzduchu montovat s dostatečným odstupem před ohřívač,
- d) navíc může být teplotní ochrana rozšířena o ochranný termostat (spínací bod 45°C), který snímá teplotu spínacích relé. Při překročení teploty dojde k odpojení řídicího signálu od výkonového spínače. Po vychladnutí termostat automaticky řídicí okruh sepne. Ventilátory pracují po celou dobu bez zastavení.

Požadavky na časový provoz VZT:

Dle provozního režimu daného prostoru, dle pohybových čidel (P) a při výskytu škodlivé látky - čidla (K) Koncentrace CO₂ a znečištění směsí plynů (tabákový kouř).

Z důvodu regulovatelnosti byly prostory rozděleny do dvou zón. Zóna 2 - jeviště bude kromě všech již uvedených funkcí závislá i na projekci a s nimi spojenými kouřovými efekty. Při stálých průtocích by mohlo dojít k rychlému odvedení efektového kouře a tím k narušení projekce což je nežádoucí. Prostory jeviště musí mít zónově řešenou regulaci průtoku vzduchu.

B.10 Útlum hluku

Vzhledem k účelu budovy, je řešení s hlukem problematické. Navržené VZT jednotky poběží v maximálním výkonu především při plném vytížení osobami a tedy i při hudební produkci. V takové chvíli může hladina akustického tlaku v prostoru koncertního sálu dosahovat až 100 dB (A). A to bez působení VZT zařízení. Hygienické limity budou v tomto případě hodnoceny spíše pro hluk šířící se do venkovních prostor a budou posuzovány dle Nařízení vlády

č. 272/2012 Sb. pro chráněné venkovní prostory staveb. Posouzení není v kompetenci se vzduchotechnikou řešenou v tomto návrhu. Instalovaný VZT systém lze posoudit pouze pro případ, kdy v sále není žádná produkce. Tato situace však posudek zkresluje, jelikož VZT nepracuje na plný výkon. Hladina akustického tlaku vnitřního prostoru by pro tento případ neměla přesáhnout 50 dB (A).

B.11 Hodnocení navržených variant

VARIANTA A a B budou schopny zajistit poměrně vysokou kvalitu mikroklima řešených prostor. Investiční náklady a náklady na provoz však budou mnohem vyšší než v případě VARIANTY C, která nezahrnuje chlazení. Všechny navržené varianty zajistí celkovou potřebnou výměnu vzduchu a zbavení koncertního sálu škodlivin v podobě vysoké koncentrace CO₂ a směsi plynů (především tabákového kouře, což je jedním z hlavních požadavků).

Větších úspor energie na provedených návrzích lze docílit snížením vlhčení v zimním období, případně nižší mírou chlazení a tím nižšího odvlhčování s následným dohřevem v letním období. Dále pak změnou průtoků, požadovaných teplot atd.

Jako velkou výhodou všech variant vidím v podrobném systému MaR. Investiční cena by byla sice vyšší, ale vzhledem k úsporám během provozu díky maximální možné pružnosti VZT systému, který dokáže v co nejkratším čase reagovat na stav vnitřního a venkovního prostředí (centrální systémy bývají většinou málo pružné), se mi tato investice jeví jako dobře vynaloženou a potřebnou pro co nejlepší fungování VZT systému, ušetření provozních nákladů a zajištění vhodného interního mikroklimatu.

Celkové zhodnocení:

VARIANTA A:

- + Nucené větrání - výměna vzduchu v prostoru celoročně,
- + komfortní klimatizace (chlazení, odvlhčování, dohřev, filtrace),
- + eliminace tepelné zátěže,
- + regulace navržených zařízení,
- + umístění VZT jednotky,
- velký výkon chladiče na kondenzační odvlhčování,
- prostorové nároky na strojovnu a potrubí,
- nutnost navazujících systémů VZT – vytápění,
- eliminace tepelných ztrát,
- při výskytu škodlivin pouze ventilační režim,
- vyšší provozní náklady.

Z hlediska distribuce vzduchu je výhodou této varianty, že lze do prostoru přivést velké množství vzduchu a chladit s poměrně velkým pracovním rozdílem teplot díky umístění přívodních koncových elementů vysoko pod stropem koncertního sálu. Z pohledu eliminace tepelné zátěže a proudění chladnějšího vzduchu v prostoru by tato varianta mohla fungovat velice dobře. Jako nevýhodu považuji nutné přetlačení vztakových sil přirozeně stoupajícího teplejšího vzduchu v případě, kdy by do místnosti byl přiváděn vzduch s menším rozdílem teplot. Mohlo by dojít k nedostatečnému provětrávání prostoru. Nevýhodou rozvržení distribuce je i odvětrávání prostor balkónu.

VARIANTA B:

- + Nucené větrání - výměna vzduchu v prostoru celoročně,
- + komfortní klimatizace (chlazení, odvlhčování, dohřev, filtrace),
- + regulace navržených zařízení,
- + umístění VZT jednotky,
- + eliminace vlhkostní zátěže,
- + malé výtokové rychlosti z distribučních prvků,
- velký výkon chladiče na kondenzační odvlhčování,
- prostorové nároky na strojovnu,
- nutnost navazujících systémů VZT - vytápění, dochlazování,
- pouze částečná eliminace teplotních zisků při extrému,
- eliminace tepelných ztrát,
- při výskytu škodlivin pouze ventilační režim,
- vyšší provozní náklady.

Z hlediska distribuce vzduchu je nespornou výhodou této varianty přívod vzduchu přímo do pobytové zóny a jeho odvod pod stropem sálu. Pobytová zóna je zaplavena čerstvým vzduchem, který vytlačuje škodliviny a znehodnocený vzduch vzhůru k odvodním elementům. Umístění přívodních prvků distribuce je na jednu stranu výhodné, ale má i svá úskalí. Celkové provětrání prostoru při maximálním zaplnění sálu lidmi může být problém. Může docházet k víření prachu a nečistot z podlahy. Stejně tak je nevýhodou regulovatelnost výtokové rychlosti z elementu tak, aby bylo dodrženo proudění vzduchu v pobytové zóně max. 0,2 m/s. Jako další nevýhoda tohoto řešení je v eliminaci teplotních zisků pouze tímto systémem, který dovoluje přivádět do prostoru vzduch s pracovním rozdílem teplot max. 4 K. K vychlazení tak velkého prostoru jakým je řešený koncertní sál a při tak vysokých teplotních ziscích by bylo zapotřebí enormního množství vzduchu. Značně neekonomické je také nejprve odvlhčovat vzduch kondenzačním chlazením a následně jej ohřát v rozsahu, který vyžaduje dobrá funkce zaplavovacího větrání. Tato varianta navíc neřeší přilehlé místnosti sálu. Nevýhodou umístění koncových elementů je také dosah člověka.

VARIANTA C:

- + Nucené větrání - výměna vzduchu v prostoru celoročně,
- + eliminace tepelných ztrát,
- + regulace navržených zařízení,
- + umístění VZT jednotky,
- + úspora energie možným celoročním kombinovaným provozem,
- + dvoustupňová filtrace s uhlíkovými filtry,
- + ekonomicky méně náročný systém
- nelze garantovat odpovídající kvalitu mikroklimatu,
- nepředvídatelnost chování proudění
- prostorové nároky na strojovnu a potrubí,
- nutnost navazujících systémů VZT – chlazení,
- eliminace tepelné zátěže,
- kvalitní filtrace - ekonomicky více náročné.

Výhoda této varianty by mohla být v umístění přívodních elementů níže a odvodních rozprostřených elementů pod stropem sálu. Tímto způsobem by mohlo být zajištěno dobré provětrání místností díky přirozenému proudění (působení vztlačových sil) ohřátého a znehodnoceného vzduchu vzhůru k odvodním prvkům. Hlavní výhodou směšování je přibližně stejná kvalita odváděného vzduchu jako v pobytové oblasti, což lze efektivně využít u automatické regulace při použití čidel koncentrace škodlivin. Jeho nevýhodou, v souvislosti s účelem prostoru, je právě směs se škodlivinami. V případě tabákového kouře není směšování nejvhodnější. Vzhledem k pokrytí přívodních distribučních prvků vířivého charakteru převážně pouze podlahové plochy přilehlých místností, lze jen obtížně odhadnout, jak bude zajistitelné požadované mikroklima např. u středu sálu. Zdali nebude v přilehlých místnostech přebytek smíšeného ohřátého vzduchu a v sále ho bude nedostatek. Vzhledem k velké tepelné zátěži sálu by však tento problém nemusel být zejména v zimním období k neprospěchu. Varianta neřeší zátěž tepelnou a v létě vlhkostní, což je dle mého názoru zásadní nedostatek pro dosažení požadovaného mikroklimatu.

Shrnutí:

Každá z variant má své přednosti i stinné stránky. Vzájemné porovnávání mnoho nevypovídá vzhledem k tomu, že nejsou pro všechny tři varianty úplně stejné výchozí podmínky. Varianty mají rozdílné jednotky, režimy apod. Z hlediska distribuce vidím jako nejlépe řešený systém ve VARIANTĚ A, který lze využít i pro případné vytápění. Jako velkou výhodu vidím možnou práci s prouděním díky servopohonem řízených přívodních elementů. Tyto elementy navíc umožňují použití směřování nebo vytlačování kompaktním proudem. VARIANTA B je také vhodná. Bohužel distribuce vzduchu může být vážně narušena v případě přeplnění sálu lidmi. Což je v praxi možné. VARIANTA B neumožňuje teplovzdušně vytápět a v případě požadavku na eliminaci vlhkostní zátěže je značně neekonomická. VARIANTA C není v provedené podobě příliš vhodná, zato je ze všech variant nejekonomičtější a z hlediska pořizovacích nákladů pravděpodobně nejlevnější, což v praxi hraje bohužel velkou roli. Jiným možným řešením by byla pravděpodobně kombinace jednotlivých variant distribuce, případně rozdělení centrálního systému na více dílčích celků. Tato řešení však podléhají větší náročnosti nejen z hlediska návrhu ale i realizace a regulace. Na druhou stranu může být dosaženo lepší pružnosti celého systému.

Obecně a z dostupné literatury (např. [3]) se za nejvhodnější distribuci pro velké prostory považují koncové elementy navržené ve variantách A a B. Skutečnost může být však úplně jiná, vždy bude záležet na mnoha ovlivňujících faktorech a citu projektanta.

B.12 Technická zpráva

Technická zpráva je společná pro všechny varianty. Případné odlišnosti jsou rozepsány zvlášť pro každou z variant.

B.12.1 Úvod

B.12.1.1 Hlavní účel budovy a požadavky na VZT zařízení

Hlavním účelem a funkcí navržených zařízení je řešení interního mikroklimatu koncertního sálu kulturního centra ve třech variantách. Předmětem řešení je VZT zařízení, které zajistí nuceným větráním dostatečné výměny vzduchu v koncertním sále, přilehlých místnostech a v prostorách jeviště. Komfortní úpravy vzduchu (chlazení, odvlhčování) budou zajištěny pro varianty A a B. Teplovzdušné vytápění pro variantu C.

Projekt je zpracován v rozsahu dokumentace pro stavební povolení.

B.12.1.2 Výchozí podklady

Výchozími podklady pro zpracování dokumentace byly:

- stavební výkresy,
- hygienické předpisy,
- statní a evropské technické normy oboru vzduchotechnika,
- stanovení prostředí - prostředí v objektu je bez nebezpečí výbuchu hořlavých a výbušných látek,
- požadavky investora.

Součástí projektu nejsou navazující profese. Požadavky profese vzduchotechnika byly s navazujícími profesemi projednány, předány a budou zapracovány do samostatných projektů jednotlivých profesí.

B.12.1.3 Použité předpisy a obecné technické normy

- Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci,

- Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací,
- Vyhláška č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb
- Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů,
- Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby,
- Vyhláška č. 20/2012 Sb., kterou se mění vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby,
- ČSN EN 13 3454 – Výkresy vzduchotechnického zařízení,
- ČSN EN 13 779 – Větrání budov – Větrání nebytových budov – Základní požadavky na větrací a klimatizační zařízení,
- ČSN EN 13 465 – Větrání budov – Výpočtové metody pro stanovení průtoku vzduchu v obydlích,
- ČSN EN 1886 – Větrání budov – Potrubní prvky – Mechanické vlastnosti,
- ČSN EN 12 236 – Větrání budov – Závěsy a uložení potrubí – Požadavky na pevnost,
- ČSN 12 7010 – Vzduchotechnická zařízení – navrhování větracích a klimatizačních zařízení, všeobecná ustanovení,
- ČSN 73 0548 – Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostor,
- ČSN EN 378 – Chladicí zařízení a tepelná čerpadla – Bezpečnostní a environmentální požadavky,
- ČSN EN 13 779 - Klasifikace kvality vnitřního vzduchu,
- ČSN 73 0802 – Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty,
- ČSN 73 0872 – Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením,
- ČSN 73 0810 – Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení.
- ČSN 73 0818 - Požární bezpečnost staveb - Obsazení objektů osobami

B.12.1.4 Výpočtové hodnoty klimatických poměrů

Místo	:	Brno
Nadmořská výška	:	227 m.n.m.
Normální tlak vzduchu	:	0,1016 Mpa
Letní výpočtová teplota	:	+ 29 °C
Letní výpočtová entalpie	:	+ 56,2 kJ/kg
Zimní výpočtová teplota	:	- 12 °C
Zimní výpočtová entalpie	:	- 9,64 kJ/kg

B.12.1.5 Popis stávajícího zařízení

V řešené části budovy není žádné stávající VZT zařízení. Veškeré systémy budou nově vybudovány.

B.12.1.6 Mikroklimatické podmínky, vstupní parametry, dimenzování

Parametry interního mikroklimatu jsou dány hygienickými předpisy, směrnici, normami a požadavky investora.

Množství vzduchu:

Počty osob a nutná násobná výměna vzduchu v jednotlivých místnostech je určena dle účelu místnosti. U hygienických prostor dle vnitřního vybavení.

- Odvozená výměna vzduchu na osobu	50 m ³ /h
- Přirážka na kuřáky	10 m ³ /h
- Haly, chodby	3x za hodinu

Vstupní data pro výpočet tepelných zisků

Pro výpočty tepelných zisků a ztrát byly použity hodnoty obvyklé pro uvažovaný účel místnosti, dále viz oddíl B.2 str. 28.

Uvažované stavy vnitřního mikroklimatu

	Zima	Léto
Teplota interiéru	$t_i = 21^{\circ}\text{C}$	$t_i = 26^{\circ}\text{C}$ (klíma)
Relativní vlhkost	$\phi_i = 45\text{--}60\%$	$\phi_i = 45\text{--}60\%$

Hlukové parametry

V době produkce může hladina akustického tlaku v prostoru koncertního sálu dosahovat až 100 dB (A). Hygienické limity budou v tomto případě hodnoceny pro hluk šířící se do venkovních prostor a budou posuzovány dle legislativy pro chráněné venkovní prostory staveb. Toto posouzení není v kompetenci se vzduchotechnikou. Instalovaný VZT systém lze posoudit pouze pro případ, kdy v sále není žádná produkce. Tudíž VZT nepracuje na plný výkon. Pro tento případ by hladina akustického tlaku vnitřního prostoru neměla přesáhnout 50 dB (A).

Umístění jednotek VZT

Centrální jednotky VZT jsou umístěny ve strojovně VZT v 3. NP (nad koncertním sálem). Venkovní kondenzátorová jednotka pro chladič VZT (přímý výparník) bude umístěna na ploché střeše nad jevištěm.

B.12.1.7 Základní koncepce VZT zařízení

VARIANTA A a B:

KLIMA - Klimatizace - Centrální ventilační/kombinovaný rovnotlaký systém s rekuperací tepla, zajišťující výměnu vzduchu v celém objektu včetně jeho úpravy chlazením, odvlhčováním, dohřevem, jednostupňovou filtrací.

VARIANTA C:

TVV - Teplovzdušné vytápění - Centrální kombinovaný rovnotlaký systém s rekuperací tepla, zajišťující výměnu vzduchu v celém objektu včetně jeho úpravy ohřevem a vícestupňovou filtrací.

B.12.2 Popis VZT zařízení

Pro řešený objekt byla navržena tato zařízení:

Zařízení č 1: A.01 - centrální VZT jednotka klimatizace	KLIMA
Zařízení č 2: B.01 - centrální VZT jednotka klimatizace	KLIMA
Zařízení č 3: C.01 - centrální VZT jednotka teplovzdušného vyt.	TVV

Zařízení č. 1, A.01: Větrání a chlazení místností 102,108,109,111

VZT systém

KLIMA

Parametry:

viz Příloha 20, 21

Pro dostatečnou výměnu vzduchu bude nainstalován centrální vzduchový systém. Distribuční síť vedená přes dané místnosti bude napojena na VZT jednotku umístěnou ve strojovně VZT (místnost 304). Jedná se o sestavnou bezrámovou obdélníkovou vzduchotechnickou jednotku řady HL velikosti 16. Podrobné parametry jsou uvedeny v technických listech výrobce, viz Příloha 20. Jednotka bude do prostor strojovny dopravena jeřábem v době, kdy bude z důvodu rekonstrukce budovy odstraněn střešní plášť. Během provádění rekonstrukce střechy bude také zřízen větší otvor ve střešním plášti s rozebíratelným poklopem pro případné nutné vážnější opravy VZT zařízení. Pro uložení jednotky slouží ocelový rám (dodávka výrobce). Tento rám bude ukotven do stropní konstrukce přes pryžové podložky. Jednotka nemá opatření proti mrazu, je v provedení pro vnitřní použití. Prostory strojovny jsou v zimním období vytápěny na 15 °C. Na straně distribuční sítě bude odvodní i přívodní potrubí kombinací čtyřhranného a kruhového SPIRO potrubí z pozinkovaného plechu. Napojení přívodních distribučních prvků bude přímo na SPIRO potrubí. Distribuční prvky pro odvod budou zasazeny do SDK a čtyřhranného potrubí případně budou osazeny na viditelné SPIRO potrubí. V této variantě jsou jako koncové elementy použity velkoobjemové vyústky na přívodu a obdélníkové vyústky na odvodu. Přívodní potrubí distribuční sítě (mimo strojovnu VZT) bude izolováno tepelnou izolací tl. 35mm proti povrchové kondenzaci. Odvodní potrubí ve strojovně VZT bude izolováno tepelnou izolací tl. 45 mm proti možné kondenzaci v potrubí. Na straně od jednotky k exteriéru bude potrubí čtyřhranné a na přívodu izolované tepelnou izolací tl. 20 mm proti možné povrchové kondenzaci. Na odvodu bude izolované tepelnou izolací tl. 45 mm proti možné kondenzaci v potrubí. Ve venkovním prostředí bude potrubí ukončeno výfukovým kolenem s pletivem proti hmyzu a velmi hrubým nečistotám. Výfukové koleno na odvodu do exteriéru bude dvojité s vnitřní pěnovou izolací.

Ovládání a napájení zařízení zajistí profese MaR plně automatickým systémem. Profese ELE zajistí jištěný přívod potřebného množství elektrické energie do rozvaděče MaR, VZT jednotky, vyvíječe páry a do kondenzátorové jednotky chlazení. Profese ZTI zajistí napojení jednotky na odvod kondenzátu, dodávka zápachových uzávěrek s potřebnou výškou vodního sloupce je součástí dodávky jednotek. Profese UT zajistí přívod potřebného množství topné vody o teplotním spádu 80/60 °C. Ventilátory VZT jednotky jsou opatřeny frekvenčním měničem.

Zařízení č. 2, B.01: Větrání a chlazení místností 102,108,109,111

VZT systém

KLIMA

Parametry:

viz Příloha 22, 23

Pro dostatečnou výměnu vzduchu bude nainstalován centrální vzduchový systém. Distribuční síť vedená přes dané místnosti bude napojena na VZT jednotku umístěnou ve strojovně VZT (místnost 304). Jedná se o sestavnou bezrámovou čtvercovou vzduchotechnickou jednotku řady H velikosti 16. Podrobné parametry jsou uvedeny v technických listech výrobce, viz Příloha 22. Jednotka bude do prostor strojovny dopravena jeřábem v době, kdy bude z důvodu rekonstrukce budovy odstraněn střešní plášť. Během prováděné rekonstrukce střechy bude také zřízen větší otvor ve střešním plášti s rozebíratelným poklopem pro případné nutné vážnější opravy VZT zařízení. Pro uložení jednotky slouží ocelový rám (dodávka výrobce). Tento rám bude ukotven do stropní konstrukce přes pryžové podložky. Jednotka nemá opatření proti mrazu, je v provedení pro vnitřní použití. Prostory strojovny jsou v zimním období vytápěny na 15 °C. Na straně distribuční sítě bude odvodní i přívodní potrubí kruhové SPIRO z pozinkovaného plechu. Napojení přívodních i odvodních distribučních prvků bude přímo na SPIRO potrubí. V této variantě jsou jako koncové elementy použity velkoplošné vyústky na přívodu a obdélníkové vyústky na odvodu. Na straně distribuční sítě bude odvodní potrubí ve strojovně VZT izolováno tepelnou izolací tl. 45 mm proti možné kondenzaci v potrubí. Na straně od jednotky k exteriéru bude potrubí čtyřhranné a na přívodu izolované tepelnou izolací tl. 20 mm proti možné povrchové kondenzaci. Na odvodu bude

izolované tepelnou izolací tl. 45 mm proti možné kondenzaci v potrubí. Ve venkovním prostředí bude potrubí ukončeno výfukovým kolenem s pletivem proti hmyzu a velmi hrubým nečistotám. Výfukové koleno na odvodu do exteriéru bude dvojité s vnitřní pěnovou izolací.

Ovládání a napájení zařízení zajistí profese MaR plně automatickým systémem. Profese ELE zajistí jištěný přívod potřebného množství elektrické energie do rozvaděče MaR, VZT jednotky, vyvíječe páry a do kondenzátorové jednotky chlazení. Profese ZTI zajistí napojení jednotky na odvod kondenzátu, dodávka zápachových uzávěrek s potřebnou výškou vodního sloupce je součástí dodávky jednotek. Profese UT zajistí přívod potřebného množství topné vody o teplotním spádu 80/60 °C. Ventilátory VZT jednotky jsou opatřeny frekvenčním měničem.

Zařízení č. 3, C.01: Větrání a teplovzdušné vytápění míst. 102,108,109,111

VZT systém

TVV

Parametry:

viz Příloha 24, 25

Pro dostatečnou výměnu vzduchu bude nainstalován centrální vzduchový systém. Distribuční síť vedená přes dané místnosti bude napojena na VZT jednotku umístěnou ve strojovně VZT (místnost 304). Jedná se o sestavnou bezrámovou obdélníkovou vzduchotechnickou jednotku řady HL velikosti 20. Podrobné parametry jsou uvedeny v technických listech výrobce viz Příloha 24. Jednotka bude do prostor strojovny dopravena jeřábem v době, kdy bude z důvodu rekonstrukce budovy odstraněn střešní plášť. Během prováděné rekonstrukce střechy bude také zřízen větší otvor ve střešním plášti s rozebíratelným poklopem pro případné nutné vážnější opravy VZT zařízení. Pro uložení jednotky slouží ocelový rám (dodávka výrobce). Tento rám bude ukotven do stropní konstrukce přes pryžové podložky. Jednotka nemá opatření proti mrazu, je v provedení pro vnitřní použití. Prostory strojovny jsou v zimním období vytápěny na 15 °C. Na straně distribuční sítě bude odvodní i přívodní potrubí kruhové SPIRO potrubí z pozinkovaného plechu. Napojení přívodních i odvodních distribučních prvků bude provedeno pomocí FLEXI potrubí případně budou tyto prvky osazeny přímo na SPIRO potrubí. V této variantě jsou jako

koncové elementy použity anemostaty a vířivé vyústky na přívodu a obdélníkové vyústky a čtvercové difusory na odvodu. Na straně od jednotky k exteriéru bude potrubí kruhové SPIRO. Na přívodu bude izolované tepelnou izolací tl. 20 mm proti možné povrchové kondenzaci. Ve venkovním prostředí bude potrubí ukončeno výfukovým kolenem s pletivem proti hmyzu a velmi hrubým nečistotám. Výfukové koleno na odvodu do exteriéru bude dvojité s vnitřní pěnovou izolací.

Ovládání a napájení zařízení zajistí profese MaR plně automatickým systémem. Profese ELE zajistí jištěný přívod potřebného množství elektrické energie do rozvaděče MaR, VZT jednotky a do vyvíječe páry. Profese ZTI zajistí napojení jednotky na odvod kondenzátu, dodávka zápachových uzávěrek s potřebnou výškou vodního sloupce je součástí dodávky jednotek. Profese UT zajistí přívod potřebného množství topné vody o teplotním spádu 80/60 °C. Ventilátory VZT jednotky jsou opatřeny frekvenčním měničem.

B.12.3 Popis společných prvků a opatření

B.12.3.1 Vzduchotechnické potrubí

V objektu bude vzduch dopravován čtyřhranným ocelovým pozinkovaným potrubím a kruhovým SPIRO potrubím dle výkresů. Potrubí bude zavěšeno na závěsech s roztečí maximálně 2-5 m dle velikosti potrubí. Vzduchovody na závěsech, podpěrách či konzolách budou podloženy gumou. Veškeré odbočky, rozbočky a nástavce jsou opatřeny regulačními plechy umožňujícími vyregulování množství vzduchu v daném uzlu. Distribuční prvky VARIANTY C budou napojeny pomocí izolačního Flexi potrubí.

U spojů vzduchovodů musí být provedeno vodivé propojení, tlumící vložky budou překlenuty pružným vodivým spojením pro odvedení statického náboje.

B.12.3.2 Protihluková opatření

V závislosti na posouzení budou provedena taková opatření, která zabrání šíření hluku do venkovního prostoru i do větraných prostor.

- a) potrubní rozvody budou od ventilátorového soustrojí odděleny pryžovými vložkami,
- b) vzduchotechnické jednotky i potrubí na závěsech budou podloženy gumou,
- c) vřazení kulisových tlumičů hluku do potrubních rozvodů k zamezení šíření hluku od ventilátorů do místností i do venkovního prostoru dle posudku,
- d) rychlosti proudění vzduchu v potrubí a distribučních elementech jsou zvoleny tak, aby proudění vzduchu nezpůsobovalo nadměrný hluk.

B.12.3.3 Protipožární opatření

Vzduchotechnické zařízení bude provedeno v souladu s normou ČSN 73 0872. Rozdělení objektu na jednotlivé požární úseky je řešeno samostatným projektem požární ochrany.

Návrh protipožárního zabezpečení (klapky, izolace) bude dodatečně provedeno na základě projektu protipožární ochrany.

B.12.3.4 Izolace, nátěry

Tepelné izolace jsou navrženy pouze pro zabránění kondenzace na stěnách potrubí. Mimo to slouží i k útlumu hluku vznikajícího provozem vzduchotechnických zařízení. V souladu s těmito požadavky je s přihlédnutím k hygienickým požadavkům navrženo provedení izolací z minerální vlny ISOVER + AL polep dle atestu.

B.12.4 Požadavky na navazující profese

B.12.4.1 Požadavky na elektrickou energii

Profese ELE zajistí silový přívod pro všechna zařízení VZT. Všechna el. zařízení VZT musí mít ochranu nebezpečným dotykovým napětím a ochranu před nebezpečnými účinky statické elektřiny. Napojení jednotlivých zařízení musí

být koordinováno s profesí MaR, aby byly zabezpečeny požadované vazby mezi těmito profesemi. Podklady byly předány zpracovateli profese elektro.

B.12.4.2 Požadavky na chlazení

Propojení vnitřních a venkovních jednotek systému chlazení pro centrální VZT jednotky VARIANT A a B. Naplnění okruhu předepsaným množstvím chladiva R410a a uvedení do provozu.

B.12.4.3 Požadavky na tepelnou energii

Profese ÚT provede napojení ohřívačů VZT jednotek na topné medium a nucený oběh topné vody. Teplota bude řízena regulačním trojcestným ventilem (dodávka VZT). Podklady s požadovanými topnými výkony, průtočným množstvím topné vody, tlakové ztráty na straně vody a dimenze i poloha napojovaných hrdel byly předány zpracovateli profese ÚT.

B.12.4.4 Požadavky na ZTI

Napojení odvodu kondenzátu od vnitřních VZT jednotek bude provedeno přes zápachovou uzávěrku do nejbližšího odpadního potrubí. U jednotek umístěných v exteriéru bude kondenzát vyveden na střechu. Potrubí odvodu kondenzátu bude ve spádu a bude z neohebného materiálu příslušné dimenze – dle výpočtů ZTI.

B.12.4.5 Požadavky na měření a regulaci

Měření a regulace zajišťuje automatické udržování požadovaných parametrů vzduchu dle předaných podkladů a požadavků. Podrobnější zpracování a popis funkcí zajišťující MaR viz oddíl B.9 str. 58.

Přesné hodnoty nastavení v ovládacím programu budou dodány při uvádění zařízení do provozu a při komplexním vyzkoušení.

B.12.4.6 Požadavky na stavbu

Pro montáž VZT je třeba zajistit:

- provedení otvorů pro průchody vzduchovodů stěnami - rozměry otvorů jsou přibližně o 50 – 100 mm symetricky na každou stranu větší než je rozměr vzduchovodu,
- provedení střešních prostupů a jejich začišťení a zajištění proti zatékání,
- dozdění a začišťení všech otvorů po montáži vzduchovodů, vzduchovody v prostupech stěnami budou obaleny izolací zabraňující přenášení chvění,
- zajištění přístupu ke všem protipožárním a regulačním klapkám,
- zajištění statického posudku stropní konstrukce nesoucí VZT jednotky,
- zajištění dopravy VZT jednotek do prostor strojovny VZT.

B.12.4.7 Požadavky na EPS

Návrh protipožární ochrany VZT systémů na základě vypracované dokumentace protipožární ochrany budovy.

B.12.5 Pokyny pro montáž

Při montáži budou dodrženy podrobné pokyny pro montáž jednotlivých strojů a elementů přiložených v dodávce nebo uvedených v jednotlivých normách. Před zahájením montážních prací je nutno provést vzájemnou koordinaci postupu prací všech profesí. Zvýšenou pozornost je nutno věnovat spojování jednotlivých dílů nástřešních jednotek, aby se zajistila požadovaná těsnost a pevnost spojů.

B.12.6 Pokyny pro obsluhu, údržbu, bezpečnost práce, zkoušky

Vzhledem k charakteru zařízení je nutno provádět pravidelnou údržbu zařízení. Před zahájením provozu musí být prověřeno, že zařízení bylo namontováno bez nečistot, prachu a zbytků stavebního materiálu.

Do ostatní běžné údržby patří kontrola napětí řemenů, jejich napínání či výměna, kontrola promazání a případná výměna ložisek, prohlídky a údržba regulačních požárních klapek, kontrola funkce spínačů a stykačů, dotahování svorek, stav izolací, výměna filtrů apod.

O výsledcích všech prohlídek a kontrol musí být provedeny záznamy.

Všichni pracovníci musí dodržovat platné bezpečnostní předpisy a musí být pravidelně školeni.

Po dokončení montáže se provede individuální vyzkoušení zařízení, které ověřuje věcnou úplnost dodávky a montáže zařízení spočívající v uvedení strojů do chodu buď naprázdno, nebo se zatížením i při použití náhradního média. Kontroluje se například správné umístění elementů v prostoru, určený smysl otáčení ventilátorů, provedení správného uchycení, pružné uložení, náplně mazadel, pohyblivost regulačních orgánů a jejich pohonů, přístupnost ovládacích prvků atd. Doporučujeme přítomnost budoucí obsluhy při tomto zkoušení.

V rámci komplexního vyzkoušení se provede uvedení do provozu jednotlivých skupin strojů ve vzájemných vazbách tak, aby bylo možno vyzkoušet funkce zařízení. Seřídí se vzduchové výkony koncových elementů rozvodu vzduchu a ventilátorů. V této fázi je vhodné zahájit zaučování budoucí obsluhy.

Před předáním uživateli se zařízení podrobí komplexním zkouškám. Doba komplexního vyzkoušení se dohodne mezi odběratelem a dodavatelem. Komplexními zkouškami se prokazuje správná funkce celého vzduchotechnického zařízení v současnosti se všemi navazujícími profesemi. V této době je nutno dokončit zaučení obsluhy, jež bude zařízení po převzetí odběratelem provozovat.

Při zkouškách se prokazuje zejména:

- jistota chodu strojů a zařízení,
- bezpečnost provozu,
- funkční spolehlivost,
- snadnost a plynulost ovládání zařízení.

Věcná náplň komplexního vyzkoušení obvykle zahrnuje:

- kontrolu, zda je zařízení schopno nepřetržitého bezporuchového provozu,
- ověření klidného chodu všech částí (ventilátory, klapky, pohony apod.),

- kontrolu všech ložisek,
- prověření funkce pružného uložení ventilátorů, jednotek i vzduchovodů,
- ověření funkce požárních klappek,
- kontrolu těsnosti rozvodů topné vody,
- prověřování výkonů ohřívacího registru,
- prověření funkcí automatické regulace (citlivost a rychlost regulačních elementů na změnu požadovaných parametrů, vazba mezi jednotlivými elementy – ventilátory, klapkami, kontrola čidel snímající potřebné veličiny, porovnání naměřených a dálkově přenášených sledovaných hodnot, činnost všech regulačních orgánů atd.),
- prokázání dodržení ostatních parametrů daných výrobci použitých zařízení, případně dohodnutých mezi dodavatelem a odběratelem.

B.12.7 Závěr

VZT zařízení nemají žádný negativní vliv na životní prostředí. Dokumentace obsahuje všechny náležitosti předepsané vyhláškou o dokumentaci staveb. Při zpracování projektové dokumentace byly dodrženy všechny uvedené normy a směrnice

V Brně dne 12. 12. 2012

Bc. Martin Ekl

B.13 Seznam místností

Tab. 13: Místnosti - údaje o větrání, tepelné bilance

zdroj: Vlastní práce

		Údaje o místnosti				Parametry větrání				Tepelné bilance			
m.č	název místnosti	plocha	světla výška	objem	počet osob	výměna m ³ /h na os	výměna x/h	max přívod		max odvod	tepelná ztráta	tepelná zátěž	vlhkostní zátěž
								m3/h	m3/h				
A.01 VARIANTA A													
102	Jeviště	148,7	6,46	718,31	37	Plný sál 50/60	Prázdný sál 3	2440	2440		Zima	Zima/Léto	Zima/Léto
108+109+111	Koncertní sál	358,5	-	2163,47	218	50/60	3	13650	13650		13779	51620/31700	15,2/19,3
								16090	16090				
B.01 VARIANTA B													
102	Jeviště	148,7	6,46	718,31	37	50/60	3	2400	2400		13779	51620/31700	15,2/19,3
108+109+111	Koncertní sál	358,5	-	2163,47	218	50/60	3	14000	14000				
								16400	16400				
C.01 VARIANTA C													
102	Jeviště	148,7	6,46	718,31	37	50/60	3	2200	2200		13779	51620/31700	15,2/19,3
108+109+111	Koncertní sál	358,5	-	2163,47	218	50/60	3	11970	11970				
								14170	14170				

B.14 Přehled vzduchotechnických zařízení

Tab. 14: VZT zařízení

zdroj: Vlastní práce

Pozice	Název jednotky	Ventilátor			Elektrická				Ohřev		Chlazení				Vlhčení		ovládání
		Prívod/odvod/cirkul.	Množství vzduchu	Celkový tlak	Počet	Elektrický příkon jednotky	Elektrický příkon celkem	Elektrický proud jednotky	Napětí/frekvence	Topný příkon 80/60C	Průtok média	Tlaková ztráta	Průtok média	Tlaková ztráta	Kondenzát	Výstup páry	
		m ³ /h	Pa	Ks		kW	kW	A	V/Hz	kW	kg/s	kPa	kg/s	kPa	kg/hod	kg/h	
1	Zařízení č. 1 KLIMATIZACE																
A.01	Centrální VZT jednotka																
	Přívodní ventilátor RH50C Stahl	P	16090	916	1	8,7	8,7	21,9	3x400								Jednotáčkový motor řízený FM - MaR
	Odvodní ventilátor RH50C Stahl	O	16090	795	1	8,7	8,7	21,9	3x400								Jednotáčkový motor řízený FM - MaR
	Vodní ohřev									51,7	0,35	1,4					Směšovací uzel - MaR
	Parní vlhčení					97,5	97,5	122,37	3x460								Davkovací program, čidla - MaR
	Chladič - přímý výparník												154,8	0,94	4,5		Plynulá regulace inverter - MaR
	Výměník ZZT														8		Obtok MaR
2	Zařízení č. 2 KLIMATIZACE																
B.01	Centrální VZT jednotka																
	Přívodní ventilátor RH63C Stahl	P	16400	1174	1	8,7	8,7	21,9	3x400								Jednotáčkový motor řízený FM - MaR
	Odvodní ventilátor RH63C Stahl	O	16400	822	1	6,4	6,4	15,1	3x400								Jednotáčkový motor řízený FM - MaR
	Vodní ohřev									74,7	0,74	1,2					Směšovací uzel - MaR
	Parní vlhčení					67,5	67,5	84,72	3x460								Davkovací program, čidla - MaR
	Chladič - přímý výparník												157,8	0,95	4,5		Plynulá regulace inverter - MaR
	Výměník ZZT														8		Obtok MaR
3	Zařízení č. 3 TEPELOVZDUSNÉ VYT.																
C.01	Centrální VZT jednotka																
	Přívodní ventilátor RH63C Stahl	P	14170	605	1	3,4	3,4	8,4	3x400								Jednotáčkový motor řízený FM - MaR
	Odvodní ventilátor RH63C Stahl	O	14170	754	1	4,5	4,5	11,3	3x400								Jednotáčkový motor řízený FM - MaR
	Vodní ohřev									64,1	0,46	1,2					Směšovací uzel - MaR
	Parní vlhčení					67,5	67,5	84,72	3x460								Davkovací program, čidla - MaR
	Výměník ZZT														8		Obtok MaR
CELKEM										190,5	190,5	190,5	312,6	312,6	312,6	312,6	312,6

C. EXPERIMENT

C.1 Cíl experimentálního řešení

Základním kritériem stavu vnitřního prostředí je i rychlost a charakter proudění vzduchu v prostoru. V experimentální části této diplomové práce jsem se věnoval charakteristice vzduchu proudícího z distribučního prvku a jeho stavy v pobytové zóně člověka. Součástí experimentu bylo také pozorování rozdílného chování přiváděného vzduchu do uzavřeného prostoru v závislosti na jeho teplotě.

Vzhledem k provázanosti této práce jsem volil distribuční prvek navržený pro VARIANTU A v části B - Aplikace na zadané budově. Tedy velkoobjemovou vyústku. K měření jsem využil reálný fyzický model VZT systému, kde je tento typ vyústky nainstalován a který je součástí laboratoře nacházející se v 5. NP universitní budovy E na stavební fakultě VUT v Brně. Laboratoř slouží pro výzkum a výuku ústavu technických zařízení budov. Experiment byl proveden v průběhu podzimu 2012. Asistoval mi kolega Bc. Roman Pliska.



Obr. 41: Budova E, Fakulta stavební VUT v Brně

zdroj: [20]

Cíl experimentu:

- Stanovení dílčích parametrů vzduchu v pobytové zóně člověka. Charakteristiky vzduchu při různém průtoku a měnící se teplotě v čase.
- Zjištění charakteru proudění přiváděného vzduchu v závislosti na jeho teplotě a rychlosti.

Experiment jsem rozdělil do dvou částí. První část zahrnuje měření veličin pomocí měřících přístrojů a tím stanovení charakteristiky proudícího vzduchu v pobytové zóně. Druhá část experimentu (vizuální) sleduje chování a charakter proudícího vzduchu pomocí kouřové zkoušky a videotechniky.

Měřené veličiny:

- teplota
- rychlost proudění vzduchu
- průtok vzduchu z koncového elementu

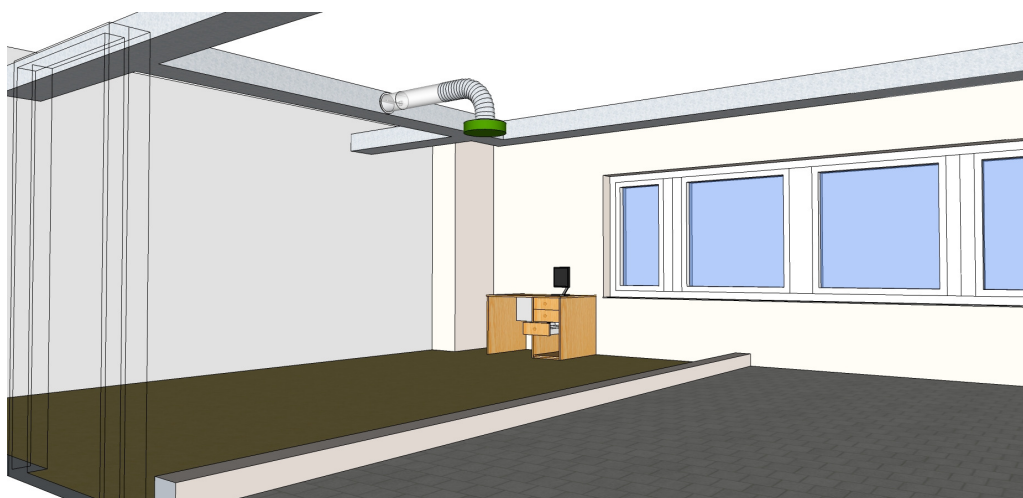
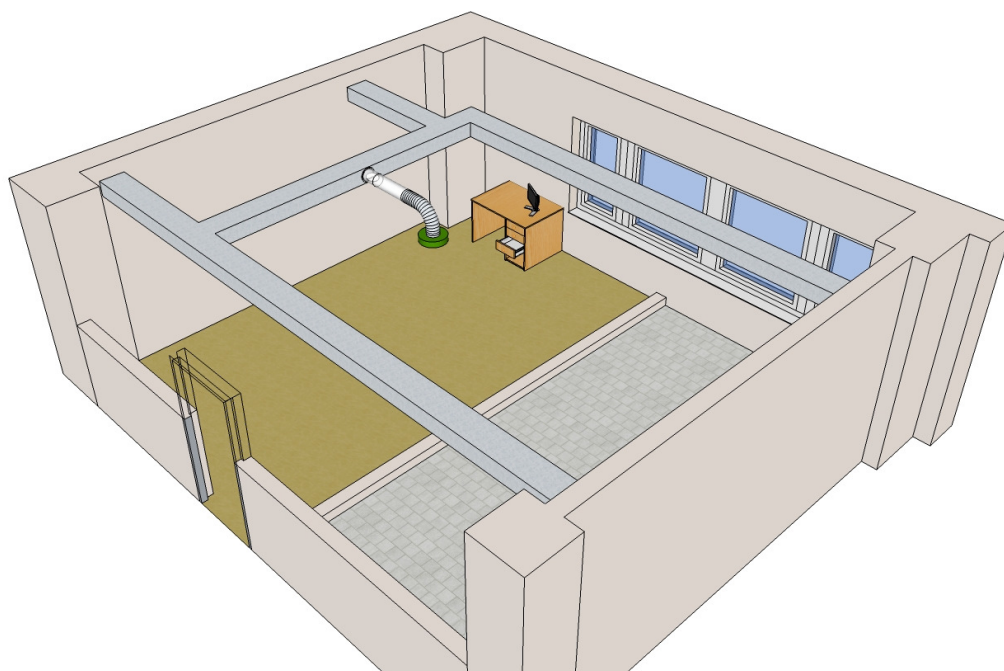
C.2 Analýza laboratoře a VZT systému

Jako reálný fyzický model pro provedení experimentu jsem využil universitní laboratoř s VZT systémem a instalovanou velkoobjemovou vyústkou. Prostor laboratoře nám simuluje uzavřený. Mimo mnou využitého VZT systému a distribučního elementu je zde mnoho jiných zařízení a systémů TZB. Vliv na provedené měření neměly.



Obr. 42: Laboratoř a řešená vyústka

zdroj: Vlastní foto

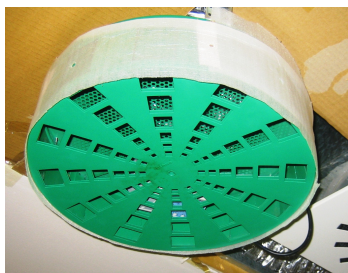


Obr. 43: Programová vizualizace prostor laboratoře

zdroj: Vlastní práce; výstup z programu SketchUp 8

Přívod vzduchu a odvod vzduchu zajišťují dvě podstropní jednotky VZT umístěné ve vedlejší laboratoři. Rozvod vzduchu je proveden ze čtyřhranného potrubí z pozinkovaného plechu. Velkoobjemová vyústka je umístěna pod stropem. Je opatřena spodními a bočními otvory pro nasměrování proudění vzduchu. Tyto otvory uzavírá nebo otevírá vnitřní otočné kolo ovládané servopohonem. V režimu chlazení se uzavírají spodní otvory a otevírají boční pro

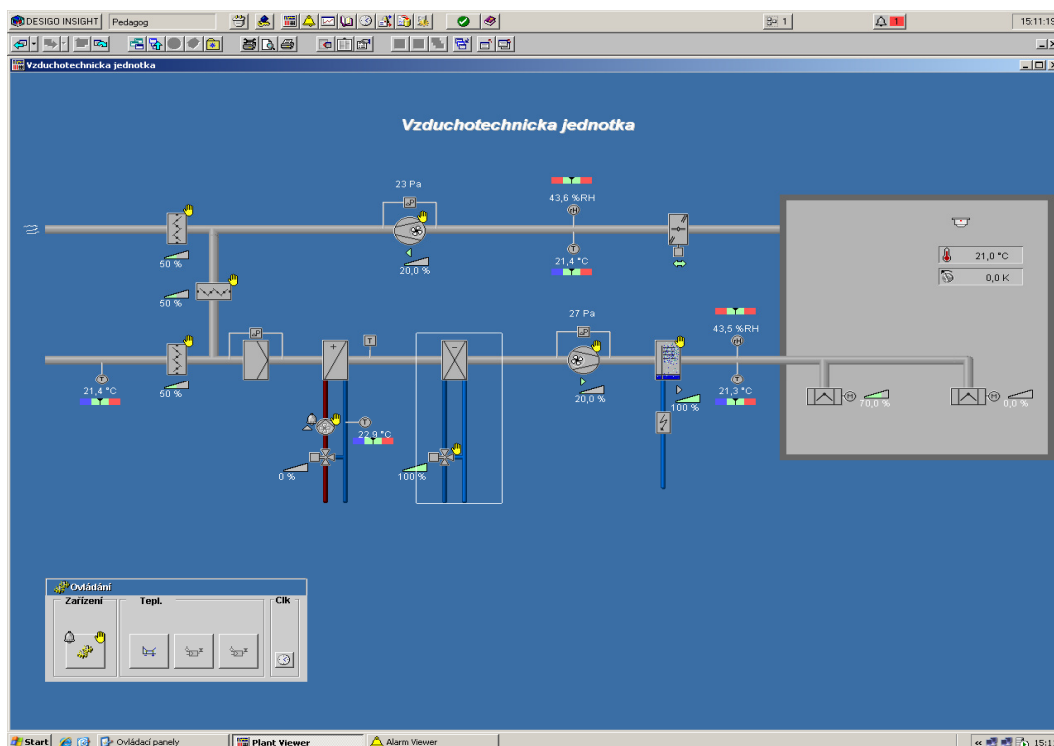
vyvolání radiálního proudění vzduchu do místnosti. Při vytápění je analogie opačná. Otevírají se spodní otvory a boční uzavírají tak, aby bylo dosaženo kuželového nebo kompaktního proudu. Pro provedení měření bylo nutné ustálit průtok vzduchu jedním směrem. Otočné kolo sice uzavírá boční otvory, ale těsnost není zaručena. Proto jsem otvory pro radiální větrání utěsnil.



Obr. 44: Velkoobjemová vyústka

zdroj: Vlastní foto

Ovládání celého VZT systému je řízeno systémem MaR společnosti Siemens. Uživatelské rozhraní, ovládání jednotek VZT a komponentů zprostředkovává PC v laboratoři.



Obr. 45: MaR VZT jednotek v laboratoři

zdroj: PC MaR; univerzitní laboratoř

C.3 Měřicí přístroje

K zjištění potřebných dat experimentu jsme použili několik měřících přístrojů. Zapůjčení nám bylo umožněno ústavem technického zařízení budov stavební fakulty VUT v Brně.

Termočlánkové dráty

Jednou z měřených veličin experimentu je teplota. Na její stanovení bylo použito 6 termočlánkových drátů s konektorem pro příslušnou měřící ústřednu.



Obr. 46: Termočlánkový drát Typ K (NiCr - Ni)

zdroj: [21]

Výchozí teploty vzduchu v potrubí, v jednotkách, exteriéru a interiéru byly snímány integrovanými čidly.

Vrtulkové anemometry

K měření rychlosti proudění vzduchu v pobytové zóně jsme použili 3 vrtulkové anemometrické snímače MiniAir 6 Micro. Výrobce Schiltknecht udává rozsah měření od 0,6 - 20 m/s s přesností $\pm 1\%$ z rozsahu a $\pm 3\%$ z měřené hodnoty. Vrtulková násada má průměr 15mm. Použití čidla je možné v rozmezí teplot -20 až +140 °C. Sada obsahuje propojovací kabel a konektor k příslušné měřící ústředně.



Obr. 47: Anemometr MiniAir 6 Micro

zdroj:[22]

Měřicí ústředna:

Pro zaznamenávání teploty z termočlánků a rychlosti z vrtulkových anemometrů jsme využili měřicí ústřednu AHLBORN ALMEMO 2890-9 s devíti vstupy a dvěma výstupy. Ústředny tohoto typu jsou universálními měřicími přístroji s programovatelnými konektory. Konektory jsou vybaveny pamětí obsahující informace a parametry připojených snímačů. Uložené informace slouží k okamžitému rozeznání použitého snímače a zadání parametrů do měřicí ústředny. V kombinaci s mikroprocesorem řízeného indikačního přístroje je měření velmi pohodlné. Odpadá složité zadávání parametrů, vše je automaticky načteno.

Měřicí ústřednu jsme přímo napojili k PC příslušným kabelem a provedli synchronizaci se softwarem AMR WinControl 6. Tento software nám umožnil sledovat záznam výsledků v čase včetně vykreslování hodnot z jednotlivých čidel do grafu. Velmi pohodlný byl následný export výsledků do tabulkového softwaru MS Excel pro další zpracování.



Obr. 48: AHLBORN ALMEMO 2890-9

zdroj: Vlastní foto; [23]

Průtokoměr - Balometr

Jako poslední veličinu jsme měřili průtok vzduchu vyústkou pomocí balometru AIRFLOW Prohood PH 721. Výsledné hodnoty je možné odečítat v čase přímo z měřící jednotky přístroje. Výrobce udává rozsah měření 42 - 4250 m³/h s přesností $\pm 3\%$ z měřené hodnoty $\pm 0,04$ m/s. Tlaková difference ± 3 735 Pa. Rozsah provozních teplot 4,4 - 60 °C.



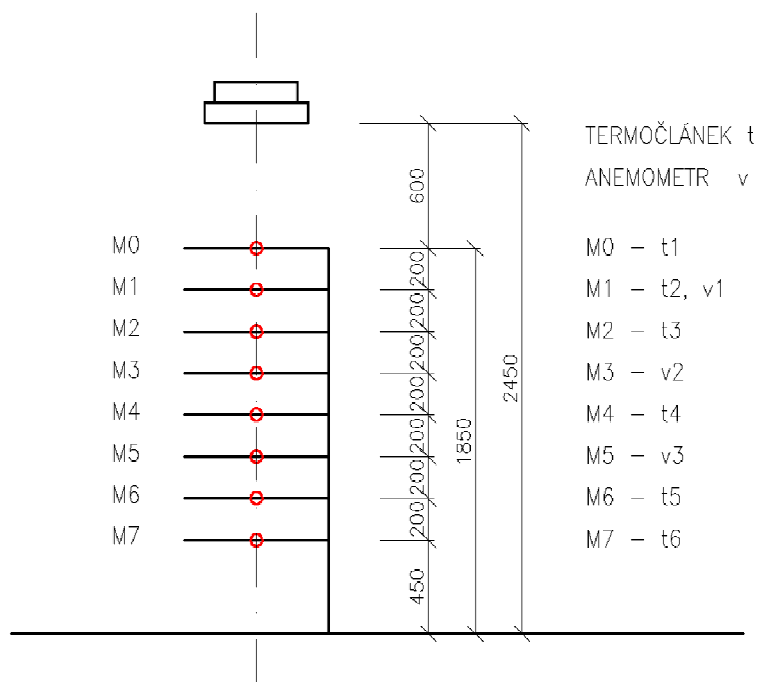
Obr. 49: Balometr AIRFLOW Prohood PH 721

zdroj: [24]; vlastní foto

C.4 Část 1 - Stanovení charakteristik proudění vzduchu

Příprava měřící techniky

Pro stanovení charakteristiky proudícího vzduchu bylo nutné umístit jednotlivé snímače pod vyústku a do různých výškových úrovní oblasti pobytové zóny. Využili jsme k tomu drátěný žebříček, který nám rozdělil pobytovou zónu do osmi měřitelných vrstev. Umístění a označení jednotlivých čidel je znázorněno na obrázku:



Obr. 50: Schéma umístění jednotlivých čidel pro měření

zdroj: Vlastní práce



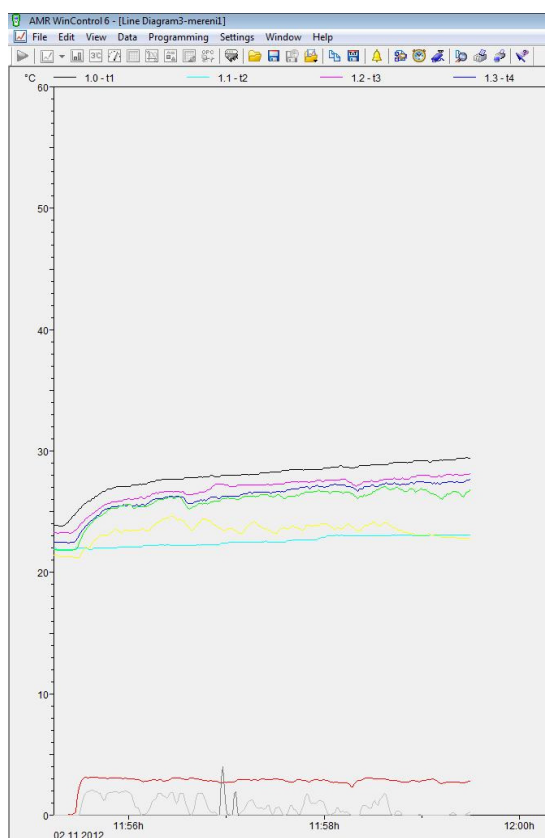
Obr. 51: Příprava měření

zdroj: vlastní foto

Synchronizace měřící ústředny a softwaru v PC bylo velmi jednoduché a rychlé. Software AMR WinControl 6 si detekoval ústřednu včetně připojených snímačů téměř automaticky. Časový krok záznamu jsme nastavili po 1 s.

Popis měření

Pro měření teplot a rychlostí jsme provedli celkem pět měření. Každé měření trvalo cca 5 minut. Průběh měření byl takový, že jsme vždy aktivovali měřící techniku, poté jsme zapnuli přívodní a odvodní ventilátory a zaktivovali zátop vodního ohříváče VZT jednotky. Pro každé měření jsme měnili průtok vzduchu nastavením frekvenčního měniče ventilátoru procentuálně k jeho výkonu. Např. 1. měření -> ventilátor 20% výkonu. 2. měření -> 40% výkonu atd. Mezi každým měřením bylo nutné provést pauzu k vychlazení ohříváče na výchozí teplotu. Po provedení všech pěti měření jsme odstavili žebříček se snímači teplot a rychlostí a provedli jsme měření průtoků vzduchu vyústkou pomocí balometru. Celkem bylo devět měření po 10% výkonu ventilátoru. Hodnoty jsem odečítal v čase z displeje balometru. Vždy jsem vyčkal na ustálení průtoku a zapsal pět po sobě jdoucích naměřených hodnot. Ty jsem následně zprůměroval na jednu výslednou hodnotu.



Obr. 52: Průběh měření teploty, rychlostí (vlevo) a průtoku (v pravo)

zdroj: Náhled práce programu AMR WinControl 6; vlastní foto

Vybraná naměřená data:

Tab. 15: Vybrané naměřené hodnoty teplot a rychlostí

zdroj: Vlastní práce

Měření 1 - ventilátor 20% výkonu, $t_{poč,VZT}=28^{\circ}\text{C}$, $t_{kon,VZT}=30,9^{\circ}\text{C}$										
$t_i=23,1^{\circ}\text{C}$ $t_e=12,5^{\circ}\text{C}$	KPOX	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	v_1	v_2	v_3
		[$^{\circ}\text{C}$]	[$^{\circ}\text{C}$]	[$^{\circ}\text{C}$]	[$^{\circ}\text{C}$]	[$^{\circ}\text{C}$]	[$^{\circ}\text{C}$]	[m/s]	[m/s]	[m/s]
11:55:14	0	23,9	22	23,3	22,5	21,9	21,4	0	0	0
11:55:24	10	24,4	21,9	23,2	22,5	21,8	21,3	0,01	0	0
11:55:34	20	25,8	22	24,5	23,9	23,7	22	1,03	0	0,64
11:55:44	30	26,7	22	25,5	25,1	24,8	23,1	1,02	0	0,41
11:55:54	40	27,1	22,1	25,9	25,5	25,5	23,2	1,01	0	0,63
11:56:04	50	27,2	22,1	26,1	25,6	25,4	23,5	0,98	0	0,19
11:56:15	60	27,5	22,2	26,5	26	25,7	23,8	0,97	0	0,4
11:56:25	70	27,7	22,2	26,7	26,3	26,2	24,6	0,98	0	0,61
11:56:35	80	27,8	22,2	26,4	25,8	25,5	23,9	0,97	0	0,27
11:56:45	90	27,8	22,3	26,6	25,9	25,6	24,4	0,96	0	0,59
11:56:55	100	27,9	22,3	27,3	26,1	25,9	23,6	0,88	0	0
11:57:05	110	28	22,5	27,1	26,3	26	23,4	0,94	0,64	0
11:57:15	120	28,1	22,5	27,2	26,5	26,3	24,1	0,95	0	0,43
11:57:26	130	28,2	22,5	27,2	26,6	26,3	23,5	0,97	0	0,26
11:57:36	140	28,4	22,5	27,4	26,7	26,1	23,6	0,94	0	0
11:57:46	150	28,5	22,7	27,5	27	26,5	23,5	0,95	0	0,15
11:57:56	160	28,5	22,8	27,6	27,1	26,8	23,8	0,96	0	0,41
11:58:06	170	28,7	23	27,6	27,3	26,7	23,5	0,91	0	0,07
11:58:16	180	28,6	23	27,4	27	26,5	23,8	0,77	0	0
11:58:26	190	28,8	23	27,5	27,1	26,4	23,9	1,01	0	0,19
11:58:36	200	28,9	23	27,7	27,3	27,1	24,1	0,99	0	0,6
11:58:47	210	29,1	23,1	27,7	27,2	26,8	23,5	0,92	0	0,07
11:58:57	220	29,2	23	28	27,5	26,7	23,1	0,93	0	0
11:59:07	230	29,2	23,1	27,9	27,4	26,4	23	0,98	0	0
11:59:17	240	29,3	23,1	28,1	27,5	26,5	22,9	0,92	0	0,03
11:59:27	250	29,5	23,1	28,1	27,6	26,6	22,8	0,9	0	0,04

Měření 2 - ventilátor 40% výkonu, $t_{poč,VZT}=27,5^{\circ}\text{C}$, $t_{kon,VZT}=30,8^{\circ}\text{C}$										
$t_i=23,1^{\circ}\text{C}$ $t_e=12,5^{\circ}\text{C}$	KPOX	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	v_1	v_2	v_3
		[$^{\circ}\text{C}$]	[$^{\circ}\text{C}$]	[$^{\circ}\text{C}$]	[$^{\circ}\text{C}$]	[$^{\circ}\text{C}$]	[$^{\circ}\text{C}$]	[m/s]	[m/s]	[m/s]
12:09:46	0	23,2	23,1	23	22,9	22,7	22,7	0	0	0
12:09:56	10	24,9	24,9	24,4	24,2	24,1	23,7	2,37	1,31	1,36
12:10:07	20	25	25	24,5	24,2	24,1	23,7	2,35	1,42	1,51
12:10:17	30	24,9	24,9	24,5	24,3	24,1	23,7	2,39	1,56	1,56
12:10:27	40	24,8	24,8	24,5	24,2	24,1	23,6	2,39	1,53	1,66
12:10:37	50	24,9	24,8	24,5	24,3	24,2	23,7	2,39	1,56	1,7
12:10:47	60	25	24,9	24,6	24,4	24,3	23,8	2,29	1,64	1,55
12:10:57	70	25,2	25,1	24,8	24,6	24,5	24	2,34	1,67	1,59
12:11:07	80	25,5	25,4	25	24,8	24,7	24,1	2,29	1,48	1,61
12:11:18	90	25,7	25,6	25,2	25	24,8	24,4	2,29	1,42	1,56
12:11:28	100	25,9	25,8	25,4	25,1	25	24,5	2,34	1,59	1,74
12:11:38	110	26,1	26	25,5	25,4	25,1	24,6	2,36	1,45	1,59
12:11:48	120	26,5	26,3	25,8	25,6	25,3	24,8	2,3	1,47	1,59
12:11:58	130	26,7	26,6	26,1	25,9	25,6	25	2,33	1,59	1,61
12:12:08	140	27	26,8	26,2	25,9	25,6	25,1	2,29	1,6	1,46
12:12:18	150	27,1	27	26,5	26,2	26	25,3	2,31	1,69	1,65
12:12:29	160	27,5	27,3	26,8	26,4	26,3	25,6	2,29	1,67	1,64
12:12:39	170	27,8	27,6	26,9	26,6	26,5	25,9	2,29	1,6	1,54
12:12:49	180	27,9	27,7	27	26,6	26,5	25,8	2,33	1,58	1,63
12:12:59	190	28	27,7	27	26,7	26,5	25,7	2,26	1,53	1,58
12:13:09	200	28	27,8	27	26,7	26,5	25,8	2,22	1,55	1,55
12:13:19	210	28,2	27,9	27,1	26,8	26,5	25,9	2,19	1,45	1,47
12:13:29	220	28,3	28,1	27,3	27	26,7	26	2,2	1,49	1,48
12:13:39	230	28,7	28,4	27,7	27,4	27,1	26,3	2,18	1,39	1,42
12:13:50	240	29,2	28,9	28	27,7	27,4	26,5	2,2	1,49	1,48
12:14:00	250	29,5	29,2	28,2	27,8	27,5	26,8	2,22	1,55	1,42
12:14:10	260	29,4	29,2	28,1	27,8	27,5	26,7	2,22	1,45	1,47
12:14:20	270	29,3	29,1	28	27,6	27,3	26,5	2,23	1,42	1,41
12:14:30	280	29,6	29,3	28,2	27,8	27,4	26,6	2,29	1,53	1,5
12:14:40	290	30	29,8	28,6	28	27,7	27	2,22	1,42	1,39
12:14:50	300	30,3	29,9	28,5	28,1	27,9	27	2,22	1,31	1,31

Měření 3 - ventilátor 60% výkonu, $t_{poč} = 25,0^{\circ}\text{C}$, $t_{kon} = 30,2^{\circ}\text{C}$										
$t_i = 23,1^{\circ}\text{C}$ $t_e = 12,5^{\circ}\text{C}$	\dot{V} [kg/s]	t_1 [$^{\circ}\text{C}$]	t_2 [$^{\circ}\text{C}$]	t_3 [$^{\circ}\text{C}$]	t_4 [$^{\circ}\text{C}$]	t_5 [$^{\circ}\text{C}$]	t_6 [$^{\circ}\text{C}$]	v_1 [m/s]	v_2 [m/s]	v_3 [m/s]
12:22:57	0	22,7	22,8	21	20,7	19,9	17,7	0,66	0	0
12:23:07	10	25,1	24,8	23,9	23,5	23,2	21,8	3,65	2,92	2,79
12:23:17	20	24,9	24,7	23,9	23,4	23,3	22,3	3,72	2,85	2,83
12:23:28	30	24,4	24,3	23,5	23,1	22,9	22,2	3,58	2,79	2,72
12:23:38	40	24,3	24,1	23,4	22,9	22,8	22,3	3,65	2,54	2,28
12:23:48	50	24	24	23,4	23	22,9	22,4	3,68	2,58	2,48
12:23:58	60	24,1	24	23,4	23,1	22,9	22,5	3,68	2,57	2,5
12:24:08	70	24,1	24	23,5	23,2	23,1	22,6	3,6	2,64	2,51
12:24:18	80	24,1	24	23,5	23,2	23	22,7	3,62	2,6	2,47
12:24:28	90	23,9	23,8	23,5	23,2	23	22,6	3,68	2,5	2,4
12:24:39	100	23,8	23,7	23,5	23,2	23,1	22,7	3,71	2,81	2,73
12:24:49	110	23,8	23,7	23,5	23,3	23,2	22,8	3,57	2,47	2,45
12:24:59	120	23,8	23,7	23,5	23,3	23,2	22,9	3,66	2,53	2,49
12:25:09	130	23,8	23,8	23,5	23,4	23,3	23	3,55	2,46	2,38
12:25:19	140	23,7	23,7	23,5	23,4	23,3	23,1	3,66	2,51	2,48
12:25:29	150	23,6	23,6	23,5	23,4	23,2	23	3,67	2,54	2,45
12:25:39	160	23,8	23,7	23,5	23,4	23,3	23	3,71	2,7	2,68
12:25:50	170	24	23,8	23,6	23,5	23,4	23,1	3,72	2,61	2,6
12:26:00	180	24,2	24,1	23,9	23,7	23,6	23,2	3,74	2,69	2,65
12:26:10	190	24,6	24,5	24,2	24	23,9	23,5	3,66	2,62	2,7
12:26:20	200	25,2	25,1	24,7	24,5	24,3	23,9	3,71	2,63	2,49
12:26:30	210	25,6	25,5	25,1	24,9	24,6	24,1	3,63	2,58	2,51
12:26:40	220	25,8	25,7	25,2	24,9	24,7	24,2	3,66	2,59	2,66
12:26:50	230	26,1	25,9	25,4	25,1	24,8	24,3	3,69	2,64	2,56
12:27:01	240	26,2	26,1	25,5	25,2	25	24,3	3,71	2,7	2,56
12:27:11	250	26,6	26,4	25,7	25,4	25,1	24,6	3,69	2,53	2,34
12:27:21	260	27	26,7	26,1	25,8	25,5	24,8	3,56	2,68	2,61
12:27:31	270	27,3	27,1	26,2	25,9	25,7	25	3,54	2,51	2,47
12:27:41	280	27,6	27,3	26,5	26,1	25,8	25	3,59	2,59	2,45
12:27:51	290	27,8	27,6	26,8	26,4	26,1	25,3	3,59	2,6	2,47
12:28:01	300	28,1	27,9	27	26,6	26,4	25,6	3,54	2,45	2,38
12:28:12	310	28,5	28,2	27,2	26,8	26,6	25,7	3,56	2,45	2,33
12:28:22	320	28,9	28,7	27,5	27,1	26,8	26,1	3,57	2,41	2,34
12:28:32	330	29,2	29	28	27,5	27,2	26,3	3,58	2,49	2,48
12:28:42	340	29,5	29,2	28,1	27,7	27,4	26,6	3,54	2,42	2,41
12:28:52	350	29,6	29,3	28,1	27,6	27,3	26,5	3,51	2,47	2,29
12:29:02	360	29,7	29,5	28,3	27,8	27,4	26,7	3,57	2,47	2,42
12:29:12	370	29,8	29,5	28,3	27,8	27,4	26,4	3,57	2,47	2,36
12:29:23	380	29,9	29,6	28,4	27,9	27,6	26,7	3,5	2,47	2,41
12:29:33	390	30,1	29,9	28,7	28,3	27,9	26,9	3,53	2,52	2,41
12:29:43	400	30,3	30	28,7	28,2	27,8	26,7	3,58	2,47	2,4

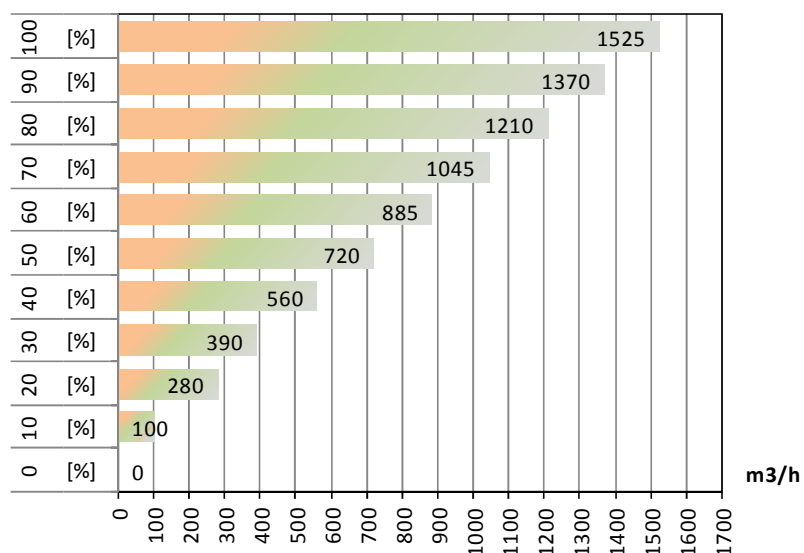
Měření 4 - ventilátor 80% výkonu, $t_{poč,VZT} = 26,1^{\circ}\text{C}$, $t_{kon,VZT} = 30,4^{\circ}\text{C}$										
$t_i = 23,1^{\circ}\text{C}$ $t_e = 12,5^{\circ}\text{C}$	\dot{V} [kg/s]	t_1 [$^{\circ}\text{C}$]	t_2 [$^{\circ}\text{C}$]	t_3 [$^{\circ}\text{C}$]	t_4 [$^{\circ}\text{C}$]	t_5 [$^{\circ}\text{C}$]	t_6 [$^{\circ}\text{C}$]	v_1 [m/s]	v_2 [m/s]	v_3 [m/s]
12:37:38	0	23,2	23,4	23,2	22,7	22,6	22	0	0	0
12:37:49	10	25	24,6	24,1	23,9	23,8	23,1	4,95	3,83	3,57
12:37:59	20	25,8	25,5	24,9	24,6	24,4	23,8	4,89	3,84	3,54
12:38:09	30	26,2	25,9	25,2	24,9	24,7	24	4,9	3,63	3,45
12:38:19	40	26,3	26	25,3	25	24,8	24,1	4,93	3,72	3,36
12:38:29	50	26,7	26,4	25,6	25,3	25	24,4	4,85	3,5	3,31
12:38:39	60	27,4	27,1	26,1	25,8	25,6	25	4,86	3,41	3,13
12:38:49	70	27,8	27,5	26,7	26,3	26	25,2	5,01	3,63	3,37
12:39:00	80	27,9	27,7	26,8	26,5	26,3	25,4	4,87	3,7	3,56
12:39:10	90	28,1	27,8	26,9	26,5	26,2	25,3	4,94	3,66	3,38
12:39:20	100	28,5	28,2	27,3	27	26,7	25,8	4,88	3,64	3,51
12:39:30	110	29,1	28,8	27,8	27,5	27,2	26,3	4,86	3,72	3,66
12:39:40	120	29,2	29	27,9	27,6	27,2	26,4	4,84	3,58	3,34
12:39:50	130	29,1	28,9	28	27,6	27,2	26,2	4,97	3,77	3,64
12:40:00	140	29,2	29	28	27,5	27,1	26,1	4,91	3,68	3,27
12:40:11	150	29,4	29,2	28,1	27,8	27,2	26,4	4,87	3,77	3,39
12:40:21	160	29,8	29,6	28,6	28,2	27,7	26,6	4,92	3,84	3,57
12:40:31	170	30,3	30	29	28,5	28,1	27	4,88	3,82	3,47
12:40:41	180	30,4	30,2	29,1	28,6	28,2	27,2	4,72	3,5	3,41
12:40:51	190	29,9	29,6	28,4	27,9	27,5	26,5	1,33	0,6	1,13
12:41:01	200	27,2	27,4	26,9	26,5	26,1	25,6	0,03	0	0

Měření 5 - ventilátor 100% výkonu, $t_{poč,VZT} = 27,4^{\circ}\text{C}$, $t_{kon,VZT} = 30,9^{\circ}\text{C}$										
$t_i = 23,1^{\circ}\text{C}$ $t_e = 12,5^{\circ}\text{C}$	krok	t_1 [$^{\circ}\text{C}$]	t_2 [$^{\circ}\text{C}$]	t_3 [$^{\circ}\text{C}$]	t_4 [$^{\circ}\text{C}$]	t_5 [$^{\circ}\text{C}$]	t_6 [$^{\circ}\text{C}$]	v_1 [m/s]	v_2 [m/s]	v_3 [m/s]
12:45:20	0	22,6	22,7	21,9	21,8	21,1	20,4	0	0	0
12:45:30	10	24,7	24,4	23,7	23,4	23,3	22,2	6,21	4,9	4,34
12:45:40	20	25,3	25	24,3	24	23,8	22,8	6,25	5,09	4,41
12:45:50	30	25,7	25,5	24,7	24,3	24,2	23,7	6,02	4,67	4,2
12:46:00	40	26	25,8	25,1	24,8	24,6	23,9	6,07	4,89	4,43
12:46:10	50	26,7	26,5	25,8	25,5	25,3	24,7	6,17	4,82	4,64
12:46:20	60	27	26,8	26,2	25,8	25,5	24,8	6,2	4,95	4,6
12:46:31	70	27,4	27,2	26,6	26,3	25,9	25,2	6,16	5,04	4,58
12:46:41	80	27,8	27,6	26,9	26,5	26,3	25,6	6,15	4,77	4,5
12:46:51	90	28	27,7	27	26,6	26,3	25,5	6,22	4,87	4,37
12:47:01	100	28,2	28	27,1	26,7	26,4	25,5	6,2	4,84	4,13
12:47:11	110	28,4	28,3	27,4	27,1	26,7	25,9	6,15	4,96	4,32
12:47:21	120	29	28,7	27,7	27,3	27,1	26,5	5,99	4,53	4,12
12:47:31	130	29,1	28,8	27,8	27,5	27,2	26,5	6,12	4,67	4,14
12:47:42	140	29,1	28,9	27,9	27,5	27,2	26,3	6,22	4,91	4,37
12:47:52	150	29,2	29	28	27,7	27,4	26,5	6,16	4,93	4,5
12:48:02	160	29,4	29,1	28,2	27,9	27,5	26,6	6,1	4,91	4,35
12:48:12	170	29,6	29,4	28,5	28,2	27,8	26,8	6,17	4,92	4,6
12:48:22	180	29,9	29,7	28,9	28,5	28,1	27,1	6,08	5,01	4,41
12:48:32	190	30,3	30,1	29,1	28,7	28,4	27,5	6,07	4,85	4,27
12:48:42	200	30,4	30,2	29,3	28,9	28,4	27,3	6,23	5,04	4,5
12:48:53	210	30,5	30,4	29,4	29	28,7	27,9	6,03	4,66	4,32
12:49:03	220	30,7	30,5	29,6	29,2	28,9	28,1	5,93	4,8	4,37
12:49:13	230	30	29,8	28,6	28	27,7	27,4	1,59	0,98	1,19
12:49:23	240	27,6	27,8	27,1	27	26,8	26,1	0	0	0
12:49:33	250	26,7	27,3	26,5	26,5	26,3	25,3	0	0	0

Tab. 16: Vybrané naměřené hodnoty průtoků

zdroj: Vlastní práce

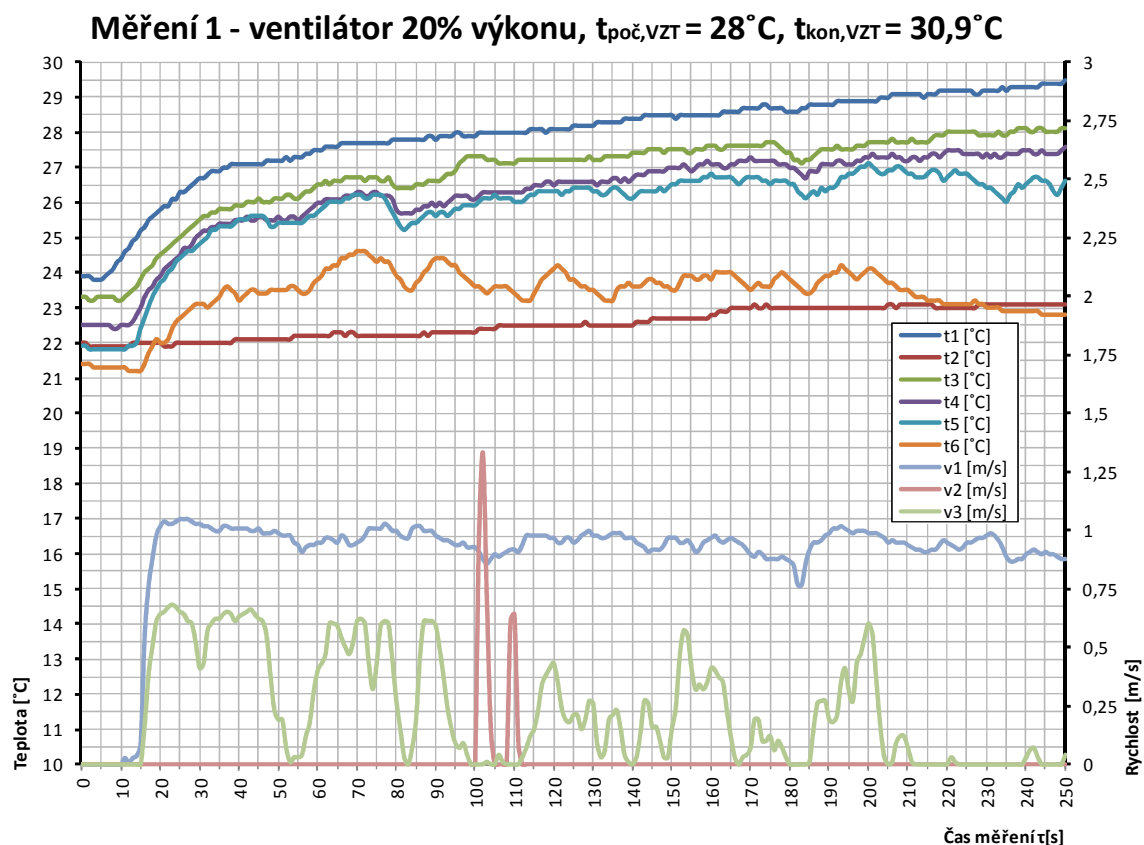
Měření průtoků pomocí Balometru											
$P_{\text{ventilátoru}}$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
v	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
m^3/h	0	100	280	390	560	720	885	1045	1210	1370	1525
m^3/s	0,0000	0,0278	0,0778	0,1083	0,1556	0,2000	0,2458	0,2903	0,3361	0,3806	0,4236



Graf 5: Průtoky vzduchu dle procentuálního výkonu ventilátoru

zdroj: Vlastní práce

Zpracované výsledky

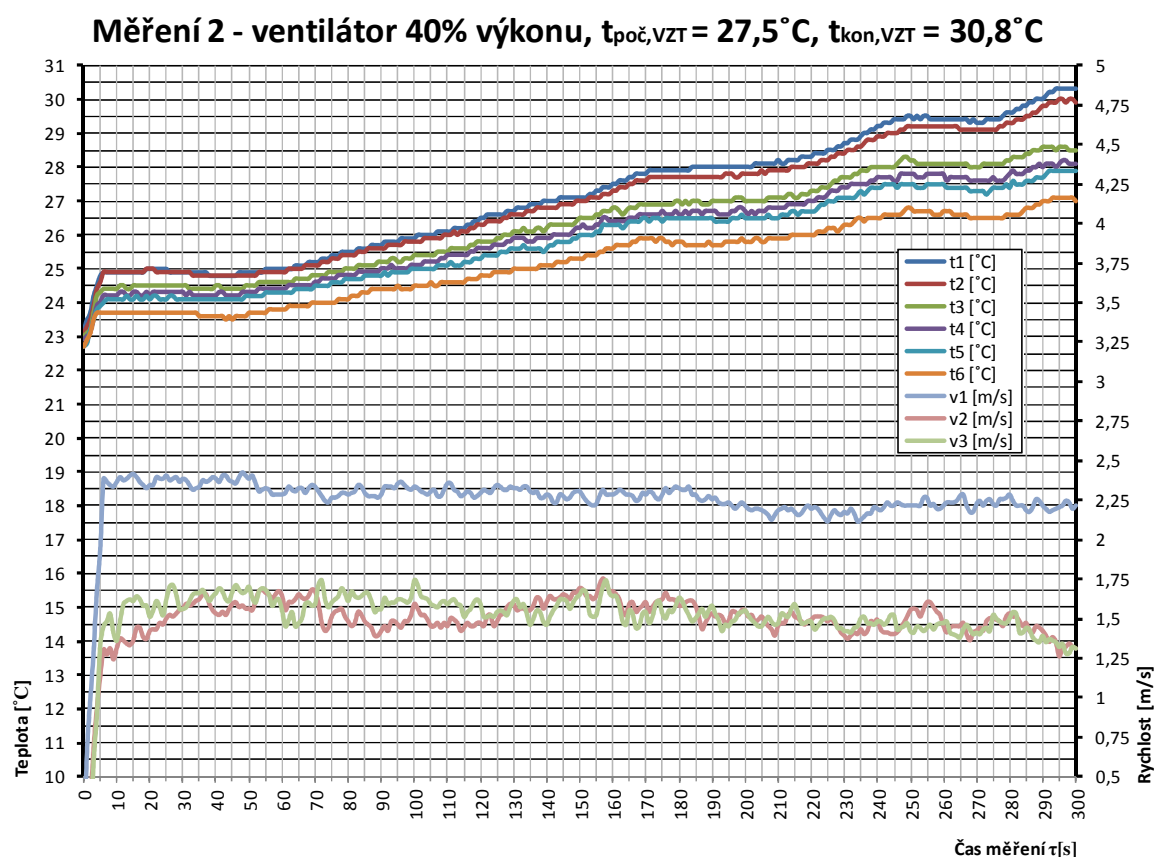


Graf 6: Výsledky měření 1

zdroj: Vlastní práce

Z grafických výsledků prvního měření jsou velmi dobře patrné větší výkyvy naměřených hodnot. Důvodem byl přednastavený nejnižší průtok vzduchu. Teplotní čidla vykazují větší teplotní rozdíl mezi každou měřenou vrstvou. Přiváděný primární ohřátý vzduch vlivem malé rychlosti a vyšší teploty vyvolává značné sekundární proudy. Turbulentní charakter proudění strhává okolní klidný vzduch a dochází k směšování s velkou intenzitou. Tím je přívodní vzduch ochlazován a brzděn. Dosah proudu by v tomto případě mohl být vhodný vzhledem k pobytové zóně. Čidlo měření rychlosti V2 umístěné v hlavním prostoru pobytové zóny nezaznamenalo rychlost proudění větší než 0,2 m/s. Zvláštností byla reakce nejnižše umístěného anemometru, který reagoval ve velkých výkyvech. Tyto výkyvy byly způsobeny pravděpodobně vlivem vztlakových sil, případně reakcí do té doby ustáleného vzduchu v místnosti na

primární proud přiváděný do místnosti. Z naměřených hodnot jsme také zjistili vadu na teplotním snímači t2, které jsme pro další měření nahradili.

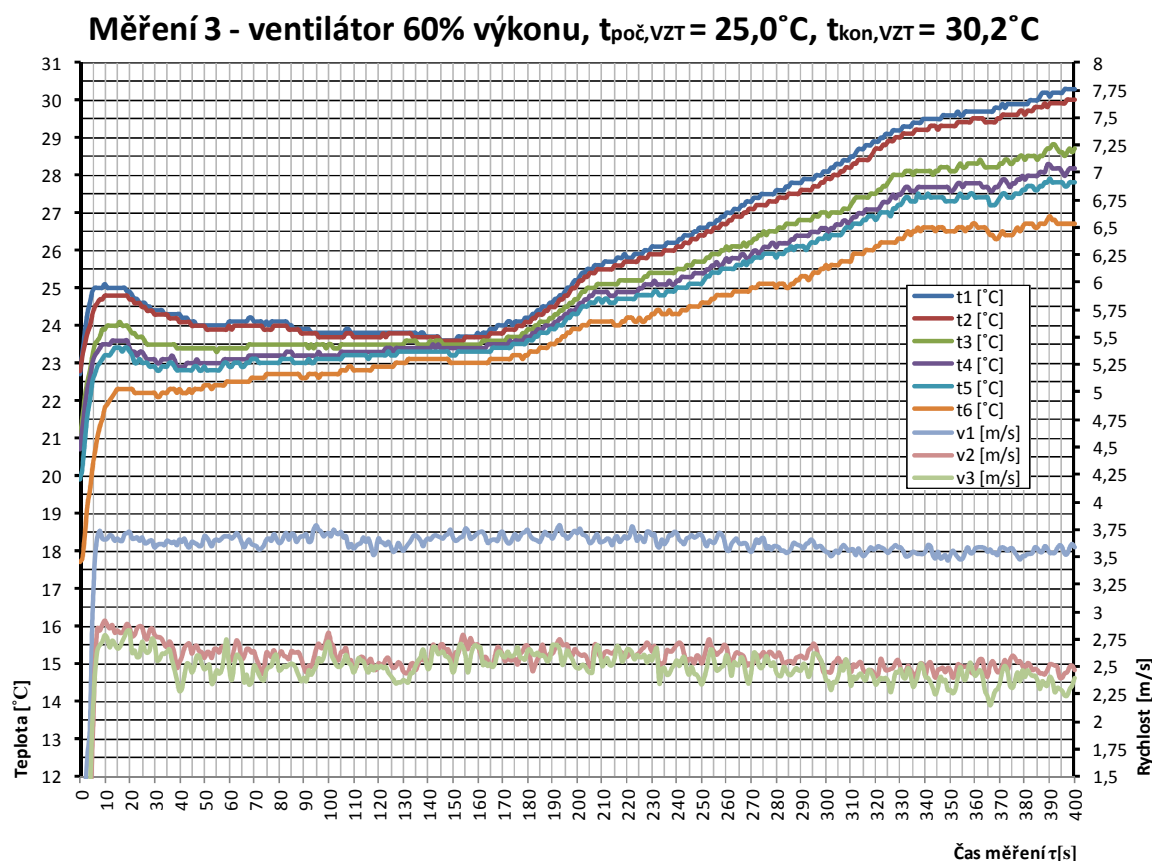


Graf 7: Výsledky měření 2

zdroj: Vlastní práce

Při druhém měření jsme navýšili průtok vzduchu o 20%. Nárůst průtoku a rychlosti se ihned projevilo na charakteru naměřených hodnot. Hodnoty z teplotních snímačů nevykazují (téměř během celé doby záznamu) takové rozdíly mezi jednotlivými vrstvami jako v případě prvního měření. Avšak vlivem zvyšující se teploty přivodního vzduchu narůstaly v průběhu měření i tyto teplotní rozdíly, což je dobře patrné ke konci měření. Nárůst teploty má vliv i na snížení rychlosti ve spodních vrstvách pobytové zóny. Důvodem byla reakce primárního vzduchu na okolní prostředí. Vlivem vztlakových sil má teplejší vzduch s nižší hustotou tendenci stoupat vzhůru, proto byly v nižších vrstvách naměřeny nižší teploty i nižší rychlost proudění. Vyšší průtok více ustálil hodnoty naměřené anemometry. Míra ustálení je tím vyšší, čím blíže k jádru proudu anemometr je a v jaké míře je proud brzděn. Téměř identické hodnoty

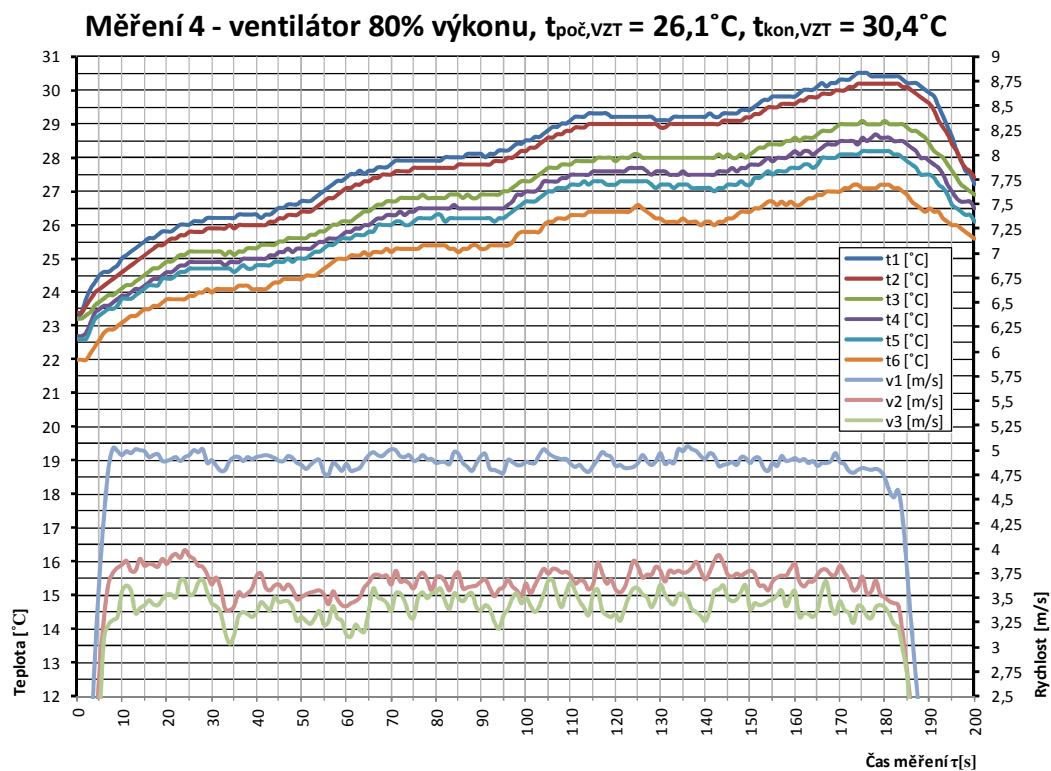
z anemometru V2 a V3 zle přisuzovat míře setrvačnosti proudu vzduchu v měřených polohách. Pro pobytovou zónu by použití průtoku při 40% výkonu ventilátoru nebylo vhodné. Rychlost proudění se v hlavním prostoru pobytové oblasti pohybuje daleko za hranicí 0,5 m/s.



Graf 8: Výsledky měření 3

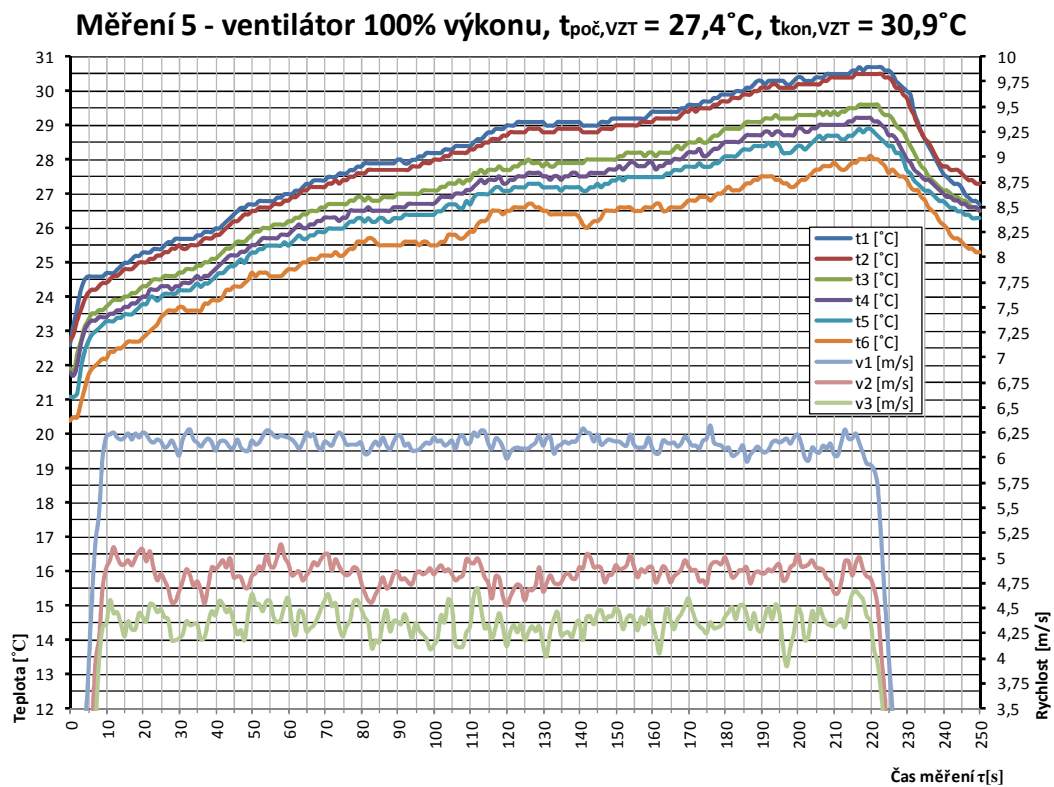
zdroj: Vlastní práce

Při třetím měření se daly očekávat podobné hodnoty naměřené teplotními čidly jako při měření druhém. Avšak průběh byl zcela odlišný. Po aktivaci měřicí techniky, ventilátorů i ohříváče teplota začala klesat. Důvodem byla zřejmě setrvačnost VZT jednotky a pomalá reakce teplovodního ohříváče. Naměřené rychlosti proudění vzduchu jsou pro pobytovou zónu naprosto nevyhovující.



Graf 9: Výsledky měření 4

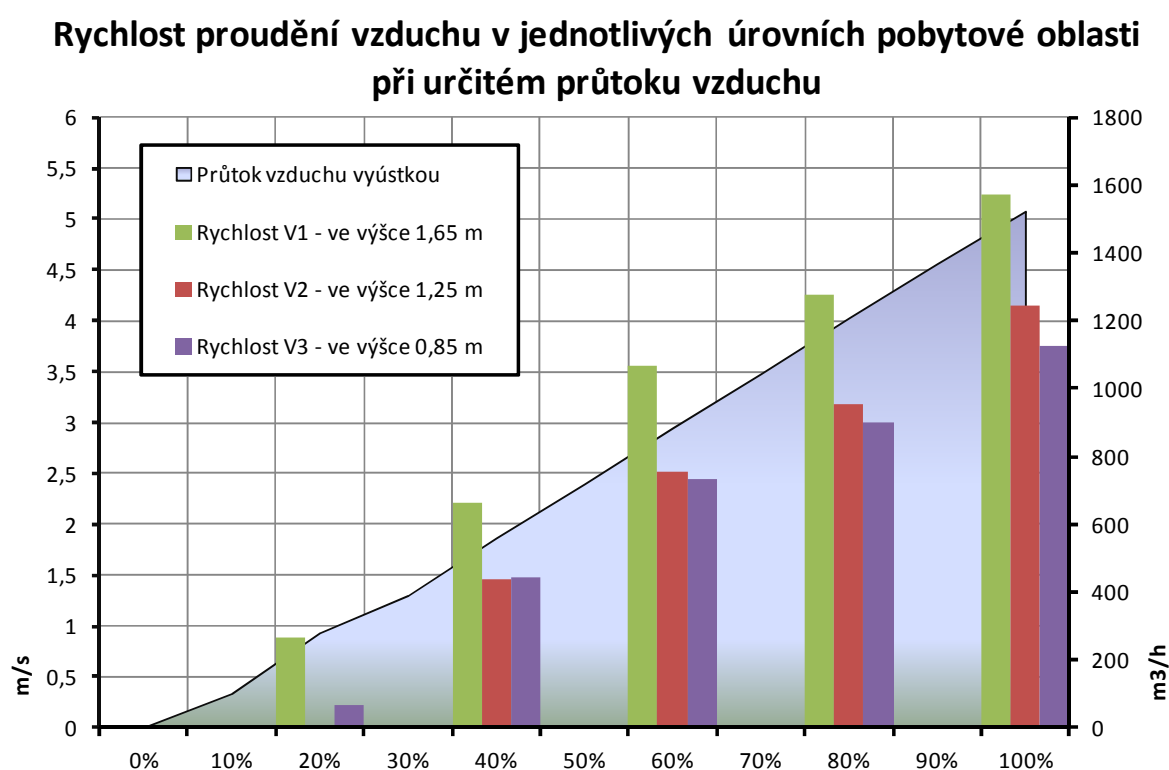
zdroj: Vlastní práce



Graf 10: Výsledky měření 5

zdroj: Vlastní práce

Průběhy teplot čtvrtého a pátého měření jsou velmi podobné. U posledního měření však již nedochází k nárůstu velikosti rozdílu teplot mezi jednotlivými vrstvami s rostoucí teplotou. Důvodem je pravděpodobně možné dosažení kompaktního proudu, kdy vlivem velké rychlosti proudění nedochází v krajní oblasti proudu k turbulencím, tím klesá i možnost indukce okolního klidného vzduchu. Směšování je tím potlačeno na minimum. Vliv kompaktního proudění o větší rychlosti se projevil i v hodnotách zaznamenaných anemometry. Rozdíl dosažených rychlostí mezi snímači V2 a V3 narůstá.



Graf 11: Průměrné hodnoty rychlostí v měřených výškách

zdroj: Vlastní práce

C.5 Část 2 - Chování a charakter geometrie proudícího vzduchu

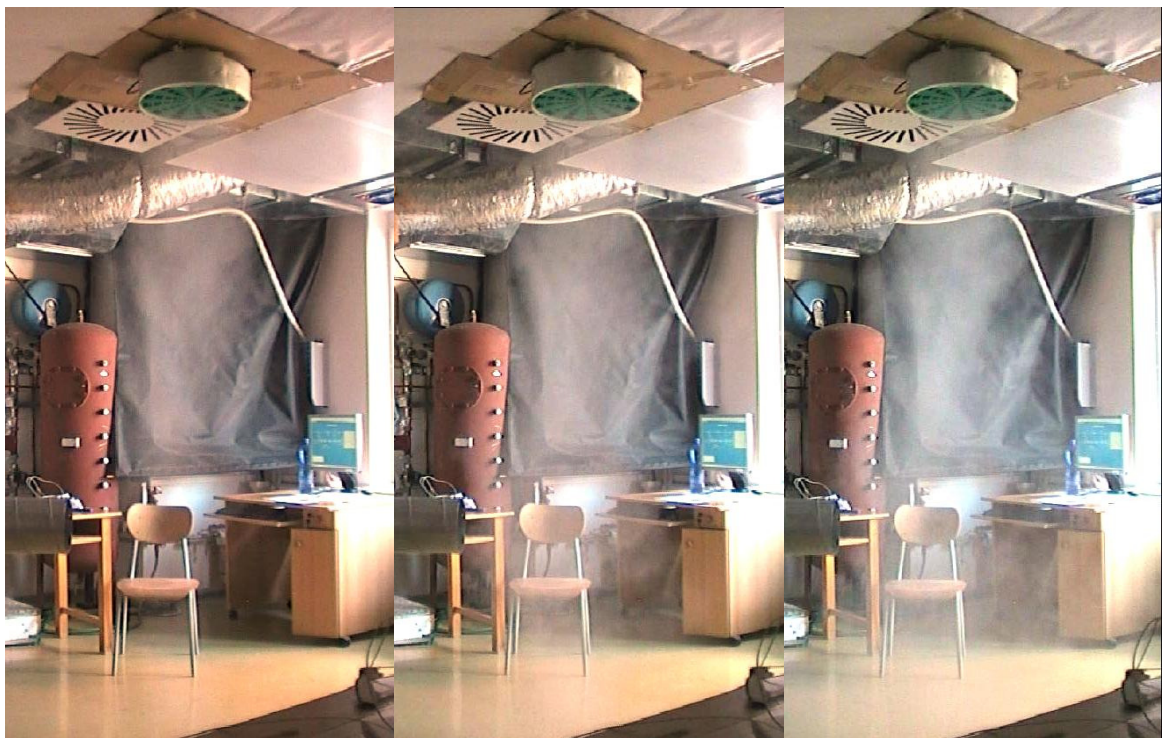
Jedním z důvodů provádění kouřové zkoušky ve vzduchotechnice je názorná ukázka obrazu proudění vzduchu z distribučních prvků. Díky ní dokážeme získat reálnou podobu geometrie proudu a jeho chování v řešeném prostoru. V rámci experimentu jsme provedli dvě kouřové zkoušky. Podstatou zkoušky je přivedení vzduchu s teplotou vyšší nebo nižší vůči teplotě v místnosti (neizotermní proudění) a tím určit a ověřit chování přiváděného vzduchu do uzavřeného prostoru laboratoře.

- teplota přívodního vzduchu nižší než je teplota interiéru

Výkon ventilátoru: 20 % -> $V_p = 280 \text{ m}^3/\text{h}$

Teplota přiváděného vzduchu $t_p = 17^\circ\text{C}$

Teplota místnosti $t_i = 22,5^\circ\text{C}$



Obr. 53: Kouřová zkouška - vzduch o nižší teplotě

zdroj: Vlastní foto

Chladnější vzduch vlivem setrvačnosti a gravitačních sil ihned začal klesat k podlaze, kde se dále rozšiřoval do místnosti. V krajní oblasti proudu se tvořily dobře patrné turbulence. Primární vzduch vtažoval (indukoval) vzduch okolního

prostředí (sekundární proud), přesně jak jsme předpokládali v první části experimentu při měření snímači.

- teplota přívodního vzduchu vyšší než je teplota interiéru

Výkon ventilátoru: 20% $\rightarrow V_p = 280 \text{ m}^3/\text{h}$

Teplota přiváděného vzduchu $t_p = 32^\circ\text{C}$

Teplota místnosti $t_i = 22,1^\circ\text{C}$



Obr. 54: Kouřová zkouška - vzduch o vyšší teplotě

zdroj: Vlastní foto

Přiváděný teplejší vzduch ani úrovně podlahy nedosáhl. Přímý proud se cca půl metru nad podlahou začal rozptylovat a stoupat vzhůru.

C.6 Závěr

Stanovení charakteristik proudění vzduchu v uzavřeném prostoru je velmi náročnou úlohou. Zaznamenaná data z měření probíhajícího během podzimu 2012 mi umožnila ověřit a sestavit základní charakteristiku proudění vzduchu z řešeného distribučního prvku v závislosti na jeho průtoku a teplotě.

Z výsledků měření a kouřové zkoušky vyplívá několik základních skutečností. Proud vzduchu z větrací výústky měl při nižších průtocích

turbulentní charakter. Rozdíl teplot (neizotermie) měl zásadní vliv na jeho tvar. Na setrvačné síly, vyvolané nejprve mechanickými silami od ventilátoru, působily po výstupu z vyústky síly gravitační (vztlakové). Tyto síly, v případě přivádění vzduchu o větší teplotě než byla teplota vzduchu interiéru, způsobily poměrně rychlé potlačení setrvačných sil. Jev je dobře patrný z druhé kouřové zkoušky. Přiváděný proud vzduchu také vyvolával na jeho okraji turbulence. Turbulencí částic přiváděného vzduchu docházelo k uvedení částic klidného okolního vzduchu do pohybu. Okolní vzduch byl přiváděným strháván. S rostoucí vzdáleností docházelo k čím dál většímu brzdění přiváděného proudu, jeho průřez se zvětšoval a jeho rychlost klesala směrem k ose proudění. Posouzení rychlosti proudění vzhledem k požadavkům pobytové zóny člověka bylo obtížné. Řešená velkoobjemová vyústka je svojí konstrukcí navržena pro instalaci ve vyšších výškách a je tedy vhodná pro větrání rozsáhlých prostor (hal, sálů apod.). Tím by vzdálenost pobytové zóny od vyústky byla větší na rozdíl od námi použitého fyzického modelu univerzitní laboratoře. Fyzický model nebyl z tohoto hlediska kompetentní vzhledem k reálným situacím.

Pokud bychom chtěli vytvořit komplexnější obraz proudění, bylo by nutné využít některých ze simulačních technologií a programů, které umožňují řešit problém v čase a namodelovat dvourozměrná či třírozměrná pole. Proudění vzduchu v prostoru je ovlivněno mnoha aspekty a vlivy, které je nutné zachytit pro vytvoření věrohodného modelu. A právě proto je řešení této problematiky tak náročné, stanovení výslednic všech působících sil v čase a prostoru vyžaduje nejen dobrou znalost fyzikálních jevů, ale i empirii v dané problematice.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Literární zdroje

- [1] Doc. Ing. Jiří Hirš, CSc., Ing. Günter Gebauer, CSc., *VZDUCHOTECHNIKA V PŘÍKLADECH - 1*. Akademické nakladatelství CERM, spol. s.r.o. Brno, 2006. 230 s. ISBN 80-7204-486-9.
- [2] Doc. Ing. Marta Székyová, Ph.D., Doc. Ing. Karol Ferstl, Ph.D., Doc. Ing. Richard Nový, CSc., *VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE*. Jaga Group, spol. s.r.o., Bratislava 2006. 359 s. ISBN 80-8076-037-3
- [3] Ing. Günter Gebauer, CSc., Ing. Olga Rubinová, Ph.D., Ing. Helena Horká, *VZDUCHOTECHNIKA*. ERA group spol. s.r.o. Brno, 2007. 2 vydání, 262 s. ISBN 978-80-7366-091-8
- [4] Jakub Vrána a kolektiv, *TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ BUDOV V PRAXI*. Grada publishing, a.s. Praha, 2007. 331 s. ISBN 978-80-247-1588-9

Internetové zdroje

- [5] SALA APOLO, *Koncertní sál Barcelona*, [on-line], 2011, [cit. 2013-01-01]. Dostupné z www:
<http://www.go-mag.com/es/musica/noticias/comunicado-oficial-sala-apolo_r3276/>
- [6] SALA APOLO, *Koncertní sál Barcelona*, [on-line], 2010, [cit. 2013-01-01]. Dostupné z www:
<<http://nastymondays.com/web/wp-content/uploads/2012/10/NastyMondaysBarcelonaSalaApolo.jpg>>
- [7] G. GEBAUER: Formování vnitřního prostředí budov, *Časopis Stavebnictví*, [on-line], [cit. 2013-01-01]. Dostupné z www:
<http://www.casopisstavebnictvi.cz/formovani-vnitriho-prostredi-budov_N1732>
- [8] DÝZY, *Distribuční elementy*, [on-line], 2012, [cit. 2013-01-01]. Dostupné z www:
<<http://www.vzduchotechnika-eshop.cz/distribucni-elementy-c-371.html>>

- [9] ROCK CAFÉ, *Distribuce klubu v Praze*, [on-line], aktualizováno 2011, [cit. 2013-01-01]. Dostupné z www:
<<http://www.novinky.cz/kultura/227096-zazrak-v-praze-rock-cafe-po-letech-sporu-konecne-plne-funguje.html>>
- [10] GASOMETER HALL, *Distribuce sálu ve Vídni*, [on-line], 2010, [cit. 2012-12-06]. Dostupné z www:
<<http://www.goodcharlotte.com/photo/macys-aventura-fl/prev?context=user>>
- [11] TROX TECHNIK, *Duct nozzle diffuser*, [on-line], [cit. 2012-12-12]. Dostupné z www:
<http://www.troxtechnik.com/en/products/hesco_air_diffusers/nozzle_ducts/Duct_Nozzle_Diffuser/index.jsp>
- [12] VYUŽITÍ POTRUBNÍCH TRYSEK FLICKR, *Fotogalerie realizace*, [on-line], 2009, [cit. 2012-12-12]. Dostupné z www: <<http://www.flickr.com/photos/air-socks/4068265677/in/photostream/>>
- [13] POTRUBNÍ TRYSKY FLICKR, *Performance center*, 2004, [on-line], [cit. 2012-12-12]. Dostupné z www:
<<http://www.flickr.com/photos/air-socks/4068266105/in/photostream/>>
- [14] ARCHIEXPO, *Ceiling air diffuser*, [on-line], [cit. 2012-12-02]. Dostupné z www:
<<http://www.archiexpo.com/prod/schako-klima-luft-ferdinand-schad-kg/ceiling-air-diffusers-65977-356927.html>>
- [15] SCHAKO, *Klimatizace, vzduchotechnika*, [on-line], [cit. 2012-11-29]. Dostupné z www: <<http://www.schako.sk/02.php>>
- [16] VZDUCHOTECHNIKA, *e-shop VZT*, [on-line], [cit. 2012-11-29]. Dostupné z www:
<<http://www.vzduchotechnika-eshop.cz/distribucni-elementy-c-371.html>>
- [17] FLICKR, *Air in high school and university of USA*, [on-line], [cit. 2012-12-12]. Dostupné z www:
<<http://www.flickr.com/photos/air-socks/4068265321/in/photostream/>>

- [18] ALLIANCE MECHANICAL; ELEMENDOZA, *Company and Spanish information website*, [on-line], [cit. 2013-01-01]. Dostupné z www:
 <<http://www.amivot.com/services/air-quality.php>>;
 <http://www.elemendoza.com/blog/?page_id=22&nggpage=2>
- [19] MENTOR GRAPHICS, *Building heating and ventilation*, [on-line],
 [cit. 2013-01-01]. Dostupné z www:
 <<http://www.mentor.com/products/mechanical/build-hvac>>
- [20] FAST VUT BRNO, *Ústav technologie, mechanizace a řízení staveb*, [on-line],
 [cit. 2013-01-01]. Dostupné z www:
 <http://www.fce.vutbr.cz/TST/W2P3_foto.asp>
- [21] E-STORE, *E-shop*, [on-line], [cit. 2013-01-01]. Dostupné z www:
 <<http://www.p-wholesale.com/upimg/5/281a2/thermocouple-wire-fgfg-377.jpg>>
- [22] SCHILTKNECHT, *Anemometer, manometer und feindrucktechnik*, [on-line]
 [cit. 2013-01-01]. Dostupné z www: <<http://www.schiltnknecht.com>>
- [23] DIRECT INDUSTRY, *The virval industrial exhibition*, [on-line], 2010,
 [cit. 2013-01-01]. Dostupné z www:
 <<http://www.directindustry.com/prod/ahlborn/thermocouple-connectors-17042-778055.html>>
- [24] TSI, *Testing and Measurement*, [on-line], [cit. 2013-01-01]. Dostupné z www:
 <http://www.tsi.com/uploadedFiles/_Site_Root/Products/Literature/Spec_Sheets/2980551_ph720_721.pdf>
- [25] MANDIK A.S., *Official website*, [on-line], [cit. 2012-10-12].
 Dostupné z www: <<http://www.mandik.cz/>>
- [26] SYSTEMAIR A.S., *Official website*, [on-line], [cit. 2012-10-12].
 Dostupné z www: <www.systemair.com>
- [27] CAREL INDUSTRIES S.r.l, *Official website*, [on-line], [cit. 2012-10-12].
 Dostupné z www: <<http://www.carel-cz.cz/>>

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Okrajové podmínky a požadavky na interní mikroklima	24
Tab. 2: Řešené prostory	25
Tab. 3: Výsledné a doporučené hodnoty U	25
Tab. 4: Otvory v obvodových stěnách	29
Tab. 5: Vstupní hodnoty pro výpočet tepelných zisků radiací a konvekci, léto.....	29
Tab. 6: Vstupní hodnoty pro výpočet tepelných zisků radiací a konvekci, zima....	29
Tab. 7: Přehled tepelných a vlhkostních zisků v letním a zimním období.....	32
Tab. 8: Výchozí teploty a výsledná návrhová tepelná ztráta prostupem	33
Tab. 9: Vybrané průtoky vzduchu pro návrh VZT systému	34
Tab. 10: Posouzení VZT potrubí na povrchovou kondenzaci, VARIANTA A.....	44
Tab. 11: Posouzení VZT potrubí na povrchovou kondenzaci, VARIANTA B	51
Tab. 12: Posouzení VZT potrubí na povrchovou kondenzaci, VARIANTA C	58
Tab. 13: Místnosti - údaje o větrání, tepelné bilance	81
Tab. 14: VZT zařízení.....	82
Tab. 15: Vybrané naměřené hodnoty teplot a rychlostí	92
Tab. 16: Vybrané naměřené hodnoty průtoků.....	94
Tab. 17: Tepelně technické vlastnosti konstrukcí.....	P1
Tab. 18: Potřeby vzduchu, návrhy průtoků	P2
Tab. 19: Tepelné zisky sluneční radiací otvory - východní orientace, léto.....	P3
Tab. 20: Tepelné zisky sluneční radiací otvory - západní orientace, léto	P4
Tab. 21: Tepelné zisky sluneční radiací otvory - východní orientace, zima.....	P5
Tab. 22: Tepelné zisky sluneční radiací otvory - západní orientace, zima	P6
Tab. 23: Tepelné zisky konvekci otvory - východní, západní orientace, léto	P7
Tab. 24: Tepelné zisky prostupem stěnou- východní, západní, severní orientace. P8	
Tab. 25: Tepelné a vlhkostní zisky z vnitřního prostředí - léto, zima	P9
Tab. 26: Dílčí tepelné ztráty řešených prostor	P11

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Koncertní sál Sala Apolo, Barcelona	11
Obr. 2: Koncertní sál Sala Apolo během hudební produkce	11
Obr. 3: Schéma tvorby vnitřního mikroklimatu	12
Obr. 4: Proudění vzduchu shora dolů	14
Obr. 5: Proudění vzduchu zdola nahoru.....	14
Obr. 6: Proudění vzduchu shora nahoru.....	15
Obr. 7: Dýzy	16
Obr. 8: Využití dýz pro distribuci, Music club Rock Café, Praha.....	16
Obr. 9: Distribuce vzduchu dýzami, Gasometer hall, Vídeň.....	16

Obr. 10: VZT potrubí osazené tryskami	17
Obr. 11: Využití potrubí s tryskami v hudebním klubu.....	17
Obr. 12: Potrubí s tryskami, Performance center	17
Obr. 13: Velkoobjemová vyústka.....	18
Obr. 14: Velkoplošná vyústka	18
Obr. 15: Vířivé výustě, anemostaty	19
Obr. 16: Sál střední školy (nalevo) a university (napravo), USA	20
Obr. 17: Odvodní obdélníkové vyústky na přiznaném SPIRO potrubí.....	20
Obr. 18: Modelování v programu FLOVENT	21
Obr. 19: Půdorysy 1. a 2. NP vybrané budovy	23
Obr. 20: Vyznačení zóny č. 1 v půdorysech budovy	26
Obr. 21: Vyznačení zóny č. 2 v půdorysech budovy	26
Obr. 22: Půdorys - pobytová zóna.....	27
Obr. 23: Řez - pobytová zóna	27
Obr. 24: Náhled prostředí použitých programů	36
Obr. 25: Koncepční řešení VARIANTY A	38
Obr. 26: Distribuční prvky VARIANTY A	39
Obr. 27: Návrh jednotek a úprav vzduchu VARIANTY A.....	40
Obr. 28: Vybrané úpravy vzduchu v h - x diagramu VARIANTA A, léto.....	41
Obr. 29: Vybrané úpravy vzduchu v h - x diagramu VARIANTA A, zima.....	42
Obr. 30: Koncepční řešení VARIANTY B	45
Obr. 31: Distribuční prvky VARIANTY B.....	46
Obr. 32: Návrh jednotek a úprav vzduchu VARIANTY B	47
Obr. 33: Vybrané úpravy vzduchu v h - x diagramu VARIANTA B, léto	48
Obr. 34: Vybrané úpravy vzduchu v h - x diagramu VARIANTA B, zima	49
Obr. 35: Koncepční řešení VARIANTY C.....	52
Obr. 36: Distribuční prvky VARIANTY C	53
Obr. 37: Návrh jednotek a úprav vzduchu VARIANTY A.....	54
Obr. 38: Vybrané úpravy vzduchu v h - x diagramu VARIANTA C, léto	55
Obr. 39: Vybrané úpravy vzduchu v h - x diagramu VARIANTA C, zima	56
Obr. 40: Ideové schéma MaR.....	59
Obr. 41: Budova E, Fakulta stavební VUT v Brně	83
Obr. 42: Laboratoř a řešená vyústka	84
Obr. 43: Programová vizualizace prostor laboratoře.....	85
Obr. 44: Velkoobjemová vyústka.....	86
Obr. 45: MaR VZT jednotek v laboratoři	86
Obr. 46: Termočlánekový drát Typ K (NiCr - Ni)	87
Obr. 47: Anemometr MiniAir 6 Micro	87
Obr. 48: AHLBORN ALMEMO 2890-9	88
Obr. 49: Balometr AIRFLOW Prohood PH 721	89
Obr. 50: Schéma umístění jednotlivých čidel pro měření	90
Obr. 51: Příprava měření.....	90
Obr. 52: Průběh měření teploty, rychlostí (vlevo) a průtoku (v pravo).....	91

Obr. 53: Kouřová zkouška - vzduch o nižší teplotě	100
Obr. 54: Kouřová zkouška - vzduch o vyšší teplotě	101
Obr. 55: Světelná, efektová a audio technika instalovaná v sále.....	P10
Obr. 56: Příklad návrhu přívodní vyústky VARIANTY A pomocí programu.....	P12
Obr. 57: Příklad návrhu přívodní vyústky VARIANTY B pomocí programu..	P13
Obr. 58: Příklad návrhu přívodní vyústky VARIANTY C pomocí programu	P14
Obr. 59: Technické listy distribučních prvků Systemair a.s.....	P15
Obr. 60: Technické listy distribučních prvků společnosti Mandík a.s.	P15
Obr. 61: Technická specifikace parního vyvíječe HumiSteam Carel.....	P16
Obr. 62: Návrh jednotky a úprav vzduchu VARIANTA A.....	P17
Obr. 63: Návrh jednotky a úprav vzduchu VARIANTA B.....	P18
Obr. 64: Návrh jednotky a úprav vzduchu VARIANTA C	P19
Obr. 65: Návrh sestavy a komponentů VZT jednotky VARIANTA A	P20
Obr. 66: Návrh parního vyvíječe pro VZT jednotku VARIANTY A.....	P21
Obr. 67: Návrh sestavy a komponentů VZT jednotky VARIANTA B	P22
Obr. 68: Návrh parního vyvíječe pro VZT jednotku VARIANTY B.....	P23
Obr. 69: Návrh sestavy a komponentů VZT jednotky VARIANTA C.....	P24
Obr. 70: Návrh parního vyvíječe pro VZT jednotku VARIANTY C	P25
Obr. 71: Posouzení kondenzace potrubí pomocí softwaru TERUNA, VAR. A....	P26
Obr. 72: Posouzení kondenzace potrubí pomocí softwaru TERUNA, VAR. B.....	P27
Obr. 73: Posouzení kondenzace potrubí pomocí softwaru TERUNA, VAR. C	P28

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Tepelné zisky konvekci a radiací – východ, letní období	30
Graf 2: Tepelné zisky konvekci a radiací – západ, letní období.....	30
Graf 3: Tepelné zisky radiací - východ, zimní období.....	31
Graf 4: Tepelné zisky radiací - západ, zimní období	31
Graf 5: Průtoky vzduchu dle procentuelního výkonu ventilátoru.....	94
Graf 6: Výsledky měření 1	95
Graf 7: Výsledky měření 2	96
Graf 8: Výsledky měření 3	97
Graf 9: Výsledky měření 4	98
Graf 10: Výsledky měření 5	98
Graf 11: Průměrné hodnoty rychlostí v měřených výškách.....	99

PŘÍLOHY

- PŘÍLOHA 1: Tepelně technické vlastnosti konstrukcí
- PŘÍLOHA 2: Potřeby vzduchu, návrhové průtoky
- PŘÍLOHA 3: Tepelné zisky radiací otvory- východ, léto
- PŘÍLOHA 4: Tepelné zisky radiací otvory- západ, léto
- PŘÍLOHA 5: Tepelné zisky radiací otvory- východ, zima
- PŘÍLOHA 6: Tepelné zisky radiací otvory- západ, zima
- PŘÍLOHA 7: Tepelné zisky konvekci otvory- východ, západ
- PŘÍLOHA 8: Tepelné zisky prostupem stěnou
- PŘÍLOHA 9: Tepelně-vlhkostní zisky z vnitřního prostředí
- PŘÍLOHA 10: Elektrotechnika instalovaná v sále
- PŘÍLOHA 11: Tepelné ztráty
- PŘÍLOHA 12: Návrh velkoobjem. vyústky VARIANTA A - softwarově
- PŘÍLOHA 13: Návrh velkoplošné vyústky VARIANTA B -ručně
- PŘÍLOHA 14: Návrh vířivé vyústky VARIANTA C - softwarově
- PŘÍLOHA 15: Technické listy distribučních prvků
- PŘÍLOHA 16: Technická specifikace pro vyvíječe páry
- PŘÍLOHA 17: Výstupy z programu TERUNA pro letní a zimní období, Varianta A
- PŘÍLOHA 18: Výstupy z programu TERUNA pro letní a zimní období, Varianta B
- PŘÍLOHA 19: Výstupy z programu TERUNA pro letní a zimní období, Varianta C
- PŘÍLOHA 20: VARIANTA A – jednotka č. 1 - A.01
- PŘÍLOHA 21: Návrh vyvíječe páry pro parní vlhčení – VARIANTA A
- PŘÍLOHA 22: VARIANTA B – jednotka č. 2 - B.01
- PŘÍLOHA 23: Návrh vyvíječe páry pro parní vlhčení – VARIANTA B
- PŘÍLOHA 24: VARIANTA C – jednotka č. 3 - C.01
- PŘÍLOHA 25: Návrh vyvíječe páry pro parní vlhčení – VARIANTA C
- PŘÍLOHA 26: Posouzení povrchové kondenzace potrubí VARIANTA A
- PŘÍLOHA 27: Posouzení povrchové kondenzace potrubí VARIANTA B
- PŘÍLOHA 28: Posouzení povrchové kondenzace potrubí VARIANTA C

SEZNAM VÝKRESŮ

VARIANTA A:

- Výkres 1: 1NP - PŮDORYS
Výkres 2: 2NP - PŮDORYS
Výkres 3: 3NP - STROJOVNA VZT
Výkres 4: ŘEZ A-A'

VARIANTA B:

- Výkres 5: 1NP - PŮDORYS
Výkres 6: 2NP - PŮDORYS
Výkres 7: 3NP - STROJOVNA VZT
Výkres 8: ŘEZ A-A'
Výkres 9: ŘEZ B-B'

VARIANTA C:

- Výkres 10: 1NP - PŮDORYS
Výkres 11: 2NP - PŮDORYS
Výkres 12: 3NP - STROJOVNA VZT
Výkres 13: ŘEZ A-A'
Výkres 14: ŘEZ B-B'

PŘÍLOHA 1: Tepelně technické vlastnosti konstrukcí

Tab. 17: Tepelně technické vlastnosti konstrukcí

zdroj: Vlastní práce

PDL 1

Podlaha sál tok tepla shora dolů				
	Skladba konstrukce	d [m]	λ [W/(mK)]	R [m²K/W]
1	Vlysy	0,015	0,180	0,083
2	Miralon	zanedbáváme		
3	Vyrovnávací vrstva - beton	0,050	1,430	0,035
4	PE fólie	zanedbáváme		
5	Pěnový polystyren	0,035	0,039	0,897
6	Hydroizolace (separační vrstva)	zanedbáváme		
7	Podkladní beton + KARI výztuž	0,150	1,580	0,095
8	Geotextilie	zanedbáváme		
9	Štěrkový podsyp	0,100	0,650	0,154
U [W/(m²K)] = 0,697		ΣR [m²K/W] =		1,265
		R_{si} [m²K/W] =		0,17
		R_{se} [m²K/W] =		0,00

PDL 2

Podlaha pódium tok tepla shora dolů				
	Skladba konstrukce	d [m]	λ [W/(mK)]	R [m²K/W]
1	Koberec	0,010	0,065	0,154
2	Lepidlo	zanedbáváme		
3	Tvrzená desky - překližka 2x25mm	0,050	0,210	0,238
4	PE fólie	zanedbáváme		
5	Pěnový polystyren	0,035	0,039	0,897
6	Hydroizolace (separační vrstva)	zanedbáváme		
7	Podkladní beton + KARI výztuž	0,150	1,580	0,095
8	Geotextilie	zanedbáváme		
9	Štěrkový podsyp	0,100	0,650	0,154
U [W/(m²K)] = 0,585		ΣR [m²K/W] =		1,538
		R_{si} [m²K/W] =		0,17
		R_{se} [m²K/W] =		0,00

PDL 3

Podlaha jeviště tok tepla shora dolů				
	Skladba konstrukce	d [m]	λ [W/(mK)]	R [m²K/W]
1	Koberec	0,010	0,065	0,154
2	Lepidlo	zanedbáváme		
3	Trzená desky - překližka	0,040	0,210	0,190
6	Ocelová kce	0,130	50,000	0,003
7	Dřevěný obklad - dřevo tvrdé	0,020	0,220	0,091
U [W/(m²K)] = 1,286		ΣR [m²K/W] =		0,438
		R_{si} [m²K/W] =		0,17
		R_{se} [m²K/W] =		0,17

SO 1

Vnější stěna (do exteriéru) tok tepla vodorovně				
	Skladba konstrukce	d [m]	λ [W/(mK)]	R [m²K/W]
1	Omítka Fasádní	0,010	0,150	0,067
2	Porotherm 440 N P+D	0,440	0,149	2,953
2	Omítka vápenocementová	0,010	0,990	0,010
U [W/(m²K)] = 0,301		ΣR [m²K/W] =		3,030
		R_{si} [m²K/W] =		0,25
		R_{se} [m²K/W] =		0,04

SN 1

Vnitřní stěna (interiér) tok tepla vodorovně - rozdíl teplot 20°C / 15°C				
	Skladba konstrukce	d [m]	λ [W/(mK)]	R [m²K/W]
1	Omítka vápenocementová	0,010	0,990	0,010
2	CPP	0,150	0,860	0,174
3	Omítka vápenocementová	0,010	0,990	0,010
U [W/(m²K)] = 1,440		ΣR [m²K/W] =		0,195
		R_{si} [m²K/W] =		0,25
		R_{se} [m²K/W] =		0,25

SN 2

Vnitřní stěna (interiér) tok tepla vodorovně - rozdíl teplot 20°C / 15°C				
	Skladba konstrukce	d [m]	λ [W/(mK)]	R [m²K/W]
1	Omítka vápenocementová	0,010	0,990	0,010
2	Porotherm 440 N P+D	0,440	0,149	2,953
3	Omítka vápenocementová	0,010	0,990	0,010
U [W/(m²K)] = 0,288		ΣR [m²K/W] =		2,973
		R_{si} [m²K/W] =		0,25
		R_{se} [m²K/W] =		0,25

SN 3

Vnitřní stěna (interiér) - Pódium tok tepla vodorovně - rozdíl teplot 20°C / 15°C				
	Skladba konstrukce	d [m]	λ [W/(mK)]	R [m²K/W]
1	Dřevěný obklad - dřevo tvrdé	0,020	0,220	0,091
2	Ocelová kce	0,110	50,000	0,002
3	Dřevěný obklad - dřevo tvrdé	0,020	0,220	0,091
U [W/(m²K)] = 1,462		ΣR [m²K/W] =		0,184
		R_{si} [m²K/W] =		0,25
		R_{se} [m²K/W] =		0,25

STR 1

Strop nad sálem tok tepla nahoru				
	Skladba konstrukce	d [m]	λ [W/(mK)]	R [m²K/W]
1	Sadurit	0,005	0,160	0,031
2	Žb deska	0,300	1,580	0,190
3	Zvuková izolace	0,070	1,670	0,042
4	Dřevěný obklad	0,025	0,220	0,114
U [W/(m²K)] = 1,734		ΣR [m²K/W] =		0,377
		R_{si} [m²K/W] =		0,10
		R_{se} [m²K/W] =		0,10

STR 2

Strop nad přilehlými místnostmi tok tepla nahoru				
	Skladba konstrukce	d [m]	λ [W/(mK)]	R [m²K/W]
1	Vyrovnávací vrstva - beton+kari síť	0,050	1,580	0,032
2	Separační vrstva	zanedbáváme		
3	Pěnový polystyren	0,030	0,039	0,769
4	Žb deska	0,200	1,580	0,127
5	Vzduchová mezera	0,300	1,670	0,180
6	Sádrokarton	0,020	0,220	0,091
U [W/(m²K)] = 0,715		ΣR [m²K/W] =		1,198
		R_{si} [m²K/W] =		0,10
		R_{se} [m²K/W] =		0,10

PŘÍLOHA 2: Potřeby vzduchu, návrhové průtoky

Tab. 18: Potřeby vzduchu, návrhy průtoků

zdroj: Vlastní práce

1.1 NUCENÉ VĚTRÁNÍ			
Vstupní hodnoty			
Výměna vzduchu na osobu	n	50	m ³ /os
Paušální přírážka pro kuřáky	n ⁺	10	m ³ /os
Poměr nekuřáků/kuřáků 50:50		50:50	
Násobná výměna pro kombinovaný provoz	x	3	h ⁻¹
Počet osob celkem	y	255	
Výpočet průtoku - koncertní sál + jeviště			
A) Max. vytížení osobami - ventilační provoz			
$V_p = V_o$	V_p	3,8958	m ³ /s
$V_p = y \cdot n / 3600$	V_o	3,8958	m ³ /s
V_p Objem. průtok přívodního vzduchu	V_p	14025	m ³ /h
V_o Objem. průtok Odvodního vzduchu	V_o	14025	m ³ /h
B) Bez zatížení osobami - kombinovaný provoz			
$V_p = x \cdot V / 3600$ $V_{em} = x / 2 \cdot V / 3600$	V_p	2,4015	m ³ /s
$V_c = V_p - V_{em}$...Oběhový vzduch	V_c	1,2007	m ³ /s
V_p Objem. průtok přívodního vzduchu	V_p	8645	m ³ /h
V_{em} Minimální objem. průtok venkovního vzduchu	V_c	4323	m ³ /h
Výpočet průtoku - koncertní sál			
A) Max. vytížení osobami - ventilační provoz			
$V_p = V_o$	V_p	3,3306	m ³ /s
$V_p = y \cdot n / 3600$	V_o	3,3306	m ³ /s
V_p Objem. průtok přívodního vzduchu	V_p	11990	m ³ /h
V_o Objem. průtok Odvodního vzduchu	V_o	11990	m ³ /h
B) Bez zatížení osobami - kombinovaný provoz			
$V_p = x \cdot V / 3600$ $V_{em} = x / 2 \cdot V / 3600$	V_p	1,8029	m ³ /s
$V_c = V_p - V_{em}$...Oběhový vzduch	V_c	0,9014	m ³ /s
V_p Objem. průtok přívodního vzduchu	V_p	6490	m ³ /h
V_{em} Minimální objem. průtok venkovního vzduchu	V_c	3245	m ³ /h
Výpočet průtoku - jeviště			
A) Max. vytížení osobami - ventilační provoz			
$V_p = V_o$	V_p	0,5653	m ³ /s
$V_p = y \cdot n / 3600$	V_o	0,5653	m ³ /s
V_p Objem. průtok přívodního vzduchu	V_p	2035	m ³ /h
V_o Objem. průtok Odvodního vzduchu	V_o	2035	m ³ /h
B) Bez zatížení osobami - kombinovaný provoz			
$V_p = x \cdot V / 3600$ $V_{em} = x / 2 \cdot V / 3600$	V_p	0,5986	m ³ /s
$V_c = V_p - V_{em}$...Oběhový vzduch	V_c	0,2993	m ³ /s
V_p Objem. průtok přívodního vzduchu	V_p	2155	m ³ /h
V_{em} Minimální objem. průtok venkovního vzduchu	V_c	1077	m ³ /h

odvozená od doporučených
hodnot dle NV č. 361/2007 Sb.
zvoleno

Jeviště - cca 15% z V_p
celkového

1.2 LETNÍ OBDOBÍ - KLIMATIZACE

Plné vytížení osobami

Vstupní hodnoty			
Požadovaná vnitřní teplota	t_i	26	°C
Požadovaná vlhkost	ϕ_i	50	%
Teplota venkovního vzduchu	t_e	30	°C
Entalpie venkovního vzduchu	h_e	56,2	kJ/kg
Předpokládaný teplotní rozdíl	Δt	7	K
Tepelná zátěž interiéru	Q_1	31700	W
Vodní zisky	M_w	19,3	g/s
Měrná tepelná kapacita vzduchu	c	1010	J/kg.K
Hustota vzduchu	ρ	1,2	kg/m ³
Výpočet průtoku - koncertní sál + jeviště			
$V_p = \frac{Q_1}{c \cdot \rho \cdot \Delta t}$	V_p	3,7364	m ³ /s
	V_o	3,7364	m ³ /s
	V_p	13451	m ³ /h
	V_o	13451	m ³ /h
Odvlhčení (rozdílem měrných vlhkostí)			
$\Delta x = x_i - x_p = \frac{M_w}{\rho \cdot V_p}$	Δx	4,3	g/kg

2.1 ZIMNÍ OBDOBÍ - KLIMATIZACE

Plné vytížení osobami

Vstupní hodnoty			
Požadovaná vnitřní teplota	t_i	21	°C
Požadovaná vlhkost	ϕ_i	50	%
Teplota venkovního vzduchu	t_e	-12	°C
Entalpie venkovního vzduchu	h_e	-9,2	kJ/kg
Předpokládaný teplotní rozdíl	Δt	7	K
Tepelná zátěž interiéru	Q_1	51620	W
Tepelná ztráta interiéru	Q_z	13779	W
Vodní zisky	M_w	15,2	g/s
Měrná tepelná kapacita vzduchu	c	1010	J/kg.K
Hustota vzduchu	ρ	1,2	kg/m ³
Výpočet průtoku - koncertní sál + jeviště			
$V_p = \frac{Q_1 - Q_z}{c \cdot \rho \cdot \Delta t}$	V_p	4,4603	m ³ /s
	V_o	4,4603	m ³ /s
	V_p	16057	m ³ /h
	V_o	16057	m ³ /h
Odvlhčení (rozdílem měrných vlhkostí)			
$\Delta x = x_i - x_p = \frac{M_w}{\rho \cdot V_p}$	Δx	2,8	g/kg

2.2 ZIMNÍ OBDOBÍ - TEPELOVZDUŠNÉ VYTÁPĚNÍ

Prázdný sál - kombinovaný systém

Vstupní hodnoty			
Požadovaná vnitřní teplota	t_i	21	°C
Požadovaná vlhkost	ϕ_i	50	%
Teplota venkovního vzduchu	t_e	-12	°C
Entalpie venkovního vzduchu	h_e	-9,2	kJ/kg
Předpokládaný teplotní rozdíl	Δt	12	K
Tepelná ztráta interiéru	Q_Z	13779	W
Vodní zisky	M_w	0,0	g/s
Měrná tepelná kapacita vzduchu	c	1010	J/kg.K
Hustota vzduchu	ρ	1,2	kg/m ³
Výpočet průtoku - koncertní sál + jeviště			
$V_p = \frac{Q_Z}{c \cdot \rho \cdot \Delta t}$	V_p	0,9474	m ³ /s
	V_c	0,6004	m ³ /s
	V_p	3411	m ³ /h
	V_c	2161	m ³ /h
Úprava rozdílu teplot			
$\Delta_t = \frac{Q_Z}{c \cdot \rho \cdot V_p}$	Δt	4,7	K
Rozdílem měrných vlhkostí			
$\Delta_x = x_i - x_p = \frac{M_w}{\rho \cdot V_p}$	Δx	0,0	g/kg

PŘÍLOHA 3: Tepelné zisky radiací otvory- východ, léto

Tab. 19: Tepelné zisky sluneční radiací otvory - východní orientace, léto

zdroj: Vlastní práce, výstup z MS Excel

[illegible]

Teplotné zisky otvory sluneční radiací pro každou hodinu (okna) - orientace východ, letní období																
roční dne	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
sluneční deklinace	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	
rovníkový úhel	ψ	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	
výška slunce nad obzorem	h	6,3	15,5	25,0	34,6	43,8	52,0	58,1	60,4	58,1	52,0	43,8	34,6	25,0	15,5	
sluneční azimut	α	65,7	76,6	87,6	99,5	113,2	130,4	152,7	180,0	207,3	229,6	246,8	260,5	272,4	294,3	
azimutový úhel normály stěny	γ	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	
úhel mezi norm. oslněného povrchu a směrem paprsků	θ	25,1	20,4	25,1	35,7	48,5	62,0	78,0	90,0	104,0	118,0	131,5	144,3	154,9	154,9	
sočinitel znečištění atmosféry	z	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	
intenzita přímé sluneční radiace na kolmou plochu	I _p	78,2	330,2	508,7	625,8	700,7	747,4	773,1	781,3	773,1	747,4	700,7	625,8	508,7	330,2	
intenzita difúzní sluneční radiace	I _{df}	29,0	63,1	92,5	117,8	136,5	153,9	163,5	100,7	103,5	153,9	138,5	117,8	92,5	63,1	
rt. přímé sluneční radiace na lib. orientovanou plochu	I _p	70,8	300,6	461,6	508,2	461,6	350,4	197,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
ekv. plošná poměrná propustnost přímé sluneční radiace	T _p	0,889	0,889	0,889	0,881	0,831	0,735	0,498	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
ekv. propustnost přímé sluneční radiace	T _e	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	
intenzita difúzní radiace procházející standardním oknem	I _{s air}	24,6	53,7	78,6	100,1	117,7	130,8	139,0	141,7	139,0	130,8	117,7	100,1	78,6	53,7	
intenzita intenzita slunečnírad. procházející stand. oknem	I _s	86,1	322,8	479,6	537,9	503,6	388,3	232,0	141,7	139,0	130,8	117,7	100,1	78,6	53,7	
rozdíl na čistotu atmosféry	c ₀	1,0	1,0	1,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
efektivní sklo	s ₁	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	
efektivní zázlize, lamely 45° světla	s ₂	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	
efektivní stínící součinitel	s	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	
délka stínu v okenním otvoru od okraje slunolamu	e ₁	0,079	0,042	0,037	0,029	0,075	0,149	0,339	zasíněno	zasíněno	zasíněno	zasíněno	zasíněno	zasíněno	zasíněno	
délka stínu v okenním otvoru od okraje slunolamu	e ₂	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	zasíněno	zasíněno	zasíněno	zasíněno	zasíněno	zasíněno	zasíněno	
oslněná plocha na okén	Q _{os}	15,49	15,82	10,13	15,94	15,52	14,80	13,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
TEPELNÝ ZISK SLUNEČNÍ RADIACÍ OKNY																
Q _{pr} okno	435	465	700	775	715	540	315	210	235	195	175	150	115	80	40	
E	450	1674	2650	2790	2674	1944	1134	756	738	702	630	540	414	288	144	
Q _z ext.	0,126	0,465	0,770	0,775	0,715	0,540	0,315	0,210	0,205	0,195	0,175	0,150	0,115	0,080	0,040	
ENERGIE																
Q _z ext.	775	465	700	775	715	540	315									

VÝSLEDNÝ TEP. ZISK SLUNEČNÍ RADIACÍ OKNY	Q _{z ext.}	775
--	---------------------	-----

Tab. 20: Tepelné zisky sluneční radiací otvory - západní orientace, léto

zdroj: Vlastní práce, výstup z MS Excel

Teplotné zisky otvory sluneční radiaci pro každou hodinu (dveře) - orientace západ, letní období																
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
hodina dne	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	°
sluneční deklinace	δ	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	20,35	°
rovinnový úhel	ψ	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	°
výška slunce nad obzorem	h	6,3	16,5	25,0	34,6	43,8	52,0	58,1	60,4	58,1	52,0	43,8	34,6	25,0	16,5	6,3
sluneční azimut	α	65,7	76,6	87,6	99,5	113,2	130,4	152,7	180,0	207,3	229,6	246,8	262,5	272,4	283,4	°
azimutový úhel normály stěny	γ	270,0	270,0	270,0	270,0	270,0	270,0	270,0	270,0	270,0	270,0	270,0	270,0	270,0	270,0	°
úhel mezi norm. oslněnou povrchu a směrem pánskú	θ	154,9	159,6	154,9	144,3	131,5	118,0	104,0	90,0	76,0	62,0	48,5	35,7	25,1	20,4	°
úhel mezi zrcištěm atmosféry	z	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	-
intenzita přímé sluneční radiace na kořmou plochu	I _p	78,2	330,2	509,7	625,8	700,7	747,4	773,1	781,3	773,1	747,4	700,7	625,8	509,7	330,2	W/m ²
intenzita difúzní sluneční radiace	I _{diff}	29,0	83,1	92,5	117,8	138,5	153,9	163,5	166,7	163,5	153,9	138,5	117,8	92,5	83,1	26,0
int. přímé sluneční radiace na lib. orientovanou plochu	I _p	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	187,6	350,4	484,6	508,2	461,6	309,6	70,8
celková poměrná propustnost přímé sluneční radiace	T _p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,488	0,735	0,931	0,981	0,989	0,869	-
celková propustnost přímé sluneční radiace	T _p	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	-
intenzita difúzní radiace procházející standardním oknem	I _{diff}	24,6	53,7	78,6	100,1	117,7	130,8	139,0	141,7	139,0	130,8	117,7	100,1	78,6	53,7	24,6
celková intenzita sluneční rad. procházející stand. oknem	I _t	24,6	53,7	78,6	100,1	117,7	130,8	139,0	141,7	232,5	388,3	503,6	537,9	479,6	322,8	86,1
koeficekce na čistotu atmosféry	C ₀	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	-
reflexiví sklo	S ₁	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	-
vnější žalúzie, lamely 45° světlé	S ₂	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	-
celkový stírací souřítel	s	0,09	0,06	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	-
celková stína v drevním otvoru od okraje slunolamu	e ₁	zastíněno	zastíněno	zastíněno	zastíněno	zastíněno	zastíněno	zastíněno	zastíněno	zastíněno	0,339	0,149	0,076	0,007	0,042	0,070
stěka stínu v drevním otvoru od okraje slunolamu	e ₂	zastíněno	zastíněno	zastíněno	zastíněno	zastíněno	zastíněno	zastíněno	zastíněno	zastíněno	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	m
oslněná plocha dveř	S _{dos}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,94	4,48	4,68	4,78	4,84	4,75	4,95
TEPELNÝ ZISK SLUNEČNÍ RADIACÍ OKNY	Q _{kerf}	15	25	35	45	55	60	65	65	55	165	215	235	210	140	40
ENERGIE	E	54	90	128	162	198	216	234	234	342	594	774	846	766	504	144
Q _{kerf} kWh	0,015	0,023	0,033	0,042	0,055	0,060	0,065	0,065	0,065	0,095	0,165	0,215	0,235	0,210	0,140	0,040
VÝSLEDNÝ TEP. ZISK SLUNEČNÍ RADIACÍ DVEŘMI																
Q _{kerf} kWh	0,035	W														

PŘÍLOHA 6: Tepelné zisky radiací otvory- západ, zima

Tab. 22: Tepelné zisky sluneční radiací otvory - západní orientace, zima

zdroj: Vlastní práce, výstup z MS Excel

[illegible][illegible]

PŘÍLOHA 8: Tepelné zisky prostupem stěnou

Tab. 24: Tepelné zisky prostupem stěnou- východní, západní, severní orientace

zdroj: Vlastní práce, výstup z MS Excel

Tepelné zisky prostupem stěnou				
středně těžká stěna s otvory - východ				
STĚNA 1	součinitel prostupu stěny	k_s	0,30	W/m ² ·K
	stloušťka stěny	d	0,45	m
	délka stěny	L_d	17,20	m
	výška stěny	L_h	3,30	m
	plocha stěny bez otvorů	S	35,7	m ²
	součinitel zmenšení teplotního kolísání při prostupu	m	0,13	-
	fázové posunutí teplotních kmitů	Ψ	14	hodin
	průměrná rovnocenná sluneční teplota	t_{rm}	29,70	°C
	rovnocenná sluneční teplota v době o Ψ dřívější 16 - 14 = 2 hodin	$t_{r,\Psi}$	16,2	°C
	$Q_s = U_{st} S_{st} [(t_{rm} - t_i) + m(t_{r,\Psi} - t_{rm})]$			
TEPELNÝ ZISK PROSTUPEM STĚNOU 1		Q_s	25	W

ČSN 730548 - tab.13

středně těžká stěna bez otvorů - východ				
STĚNA 2	součinitel prostupu stěny	k_s	0,30	W/m ² ·K
	stloušťka stěny	d	0,45	m
	délka stěny	L_d	20,00	m
	výška stěny	L_h	3,70	m
	plocha stěny bez otvorů	S	74,0	m ²
	součinitel zmenšení teplotního kolísání při prostupu	m	0,13	-
	fázové posunutí teplotních kmitů	Ψ	14	hodin
	průměrná rovnocenná sluneční teplota	t_{rm}	29,70	°C
	rovnocenná sluneční teplota v době o Ψ dřívější 16 - 14 = 2 hodin	$t_{r,\Psi}$	16,2	°C
	$Q_s = U_{st} S_{st} [(t_{rm} - t_i) + m(t_{r,\Psi} - t_{rm})]$			
TEPELNÝ ZISK PROSTUPEM STĚNOU 2		Q_s	45	W

ČSN 730548 - tab.13

Tepelné zisky prostupem stěnou				
středně těžká stěna s otvory - západ				
STĚNA 1	součinitel prostupu stěny	k_s	0,30	W/m ² ·K
	stloušťka stěny	d	0,45	m
	délka stěny	L_d	17,20	m
	výška stěny	L_h	3,30	m
	plocha stěny bez otvorů	S	35,7	m ²
	součinitel zmenšení teplotního kolísání při prostupu	m	0,13	-
	fázové posunutí teplotních kmitů	Ψ	14	hodin
	průměrná rovnocenná sluneční teplota	t_{rm}	29,70	°C
	rovnocenná sluneční teplota v době o Ψ dřívější 16 - 14 = 2 hodiny	$t_{r,\Psi}$	16,9	°C
	$Q_s = U_{st} S_{st} [(t_{rm} - t_i) + m(t_{r,\Psi} - t_{rm})]$			
TEPELNÝ ZISK PROSTUPEM STĚNOU 1		Q_s	25	W

ČSN 730548 - tab.13

středně těžká stěna bez otvorů - západ				
STĚNA 2	součinitel prostupu stěny	k_s	0,30	W/m ² ·K
	stloušťka stěny	d	0,45	m
	délka stěny	L_d	20,00	m
	výška stěny	L_h	3,70	m
	plocha stěny bez otvorů	S	74,0	m ²
	součinitel zmenšení teplotního kolísání při prostupu	m	0,13	-
	fázové posunutí teplotních kmitů	Ψ	14	hodin
	průměrná rovnocenná sluneční teplota	t_{rm}	29,70	°C
	rovnocenná sluneční teplota v době o Ψ dřívější 16 - 14 = 2 hodiny	$t_{r,\Psi}$	16,9	°C
	$Q_s = U_{st} S_{st} [(t_{rm} - t_i) + m(t_{r,\Psi} - t_{rm})]$			
TEPELNÝ ZISK PROSTUPEM STĚNOU 2		Q_s	50	W

ČSN 730548 - tab.13

středně těžká stěna bez otvorů - sever				
STĚNA 3	součinitel prostupu stěny	k_s	0,30	W/m ² ·K
	stloušťka stěny	d	0,45	m
	délka stěny	L_d	12,00	m
	výška stěny	L_h	9,23	m
	plocha stěny bez otvorů	S	110,8	m ²
	součinitel zmenšení teplotního kolísání při prostupu	m	0,13	-
	fázové posunutí teplotních kmitů	Ψ	14	hodin
	průměrná rovnocenná sluneční teplota	t_{rm}	26,20	°C
	rovnocenná sluneční teplota v době o Ψ dřívější 16 - 14 = 2 hodin	$t_{r,\Psi}$	16,2	°C
	$Q_s = U_{st} S_{st} [(t_{rm} - t_i) + m(t_{r,\Psi} - t_{rm})]$			
TEPELNÝ ZISK PROSTUPEM STĚNOU 2		Q_s	40	W

čsn 730548 - tab.13

PŘÍLOHA 9: Tepelně-vlhkostní zisky z vnitřního prostředí

Tab. 25: Tepelné a vlhkostní zisky z vnitřního prostředí - léto, zima

zdroj: Vlastní práce, výstup z MS Excel

Tepelné zisky z vnitřního prostředí			
Zisky z citelného tepla od osob - sál			
plocha místnosti	S	205	m ²
předepsaná minimální plocha na osobu	S/os	1,2	m ² /os
počet osob 1NP	os/sál	171	-
počet osob balkón	os/balkón	47	-
celkový počet osob	os	218	-
počet mužů	i _m	109	-
počet žen	i _ž	109	-
počet dětí	i _d	0	-
produkce citelného tepla žen	Q _{icž}	85,00	%Q _{icm}
produkce citelného tepla dětí	Q _{icd}	75,00	%Q _{icm}
přepočet na ekvivalentní počet	i ₁	201,188	-
produkce citelného tepla muže	Q _{ic}	116	W
PRODUKCE TEP. ZISKŮ OD CITELNÉHO TEPLA OSOB	Q_{i,1}	30340	W
ČSN 730818			
odhad ČSN tab.6			
Zisky z citelného tepla od osob - jeviště			
plocha místnosti	S	112	m ²
předepsaná minimální plocha na osobu	S/os	3,0	m ² /os
počet osob	os	37	-
počet mužů	i _m	19	-
počet žen	i _ž	19	-
počet dětí	i _d	0	-
produkce citelného tepla žen	Q _{icž}	85,00	%Q _{icm}
produkce citelného tepla dětí	Q _{icd}	75,00	%Q _{icm}
přepočet na ekvivalentní počet	i ₁	34,445	-
produkce citelného tepla muže	Q _{ic}	116	W
PRODUKCE TEP. ZISKŮ OD CITELNÉHO TEPLA OSOB	Q_{i,2}	5195	W
CELKOVÉ TEP. ZISKY OD OSOB	Q₁	35535	W
ČSN 730818			
odhad			
Vodní zisky od osob			
Počet lidí	i	255	-
Produkce vodní páry osob	m _{lv}	215	g/h
	M _{v1}	54769	g/h
PRODUKCE VODNÍCH ZISKŮ	M_{v1}	15,213	g/s
P6			
Tepelné zisky od svítidel			
produkce tepla na 1 m ²	P _m	10	W/m ²
osvětlovaná plocha	S _m	316	m ²
součinitel současnosti používání svítidel	c ₁	1,00	-
zbytkový součinitel	c ₂	1,00	-
PRODUKCE TEPELNÝCH ZISKŮ OD SVÍTIDEL	Q_{sv}	3165	W
Tepelné zisky od elektronických zařízení			
součinitel současnosti chodu všech zařízení	c ₁	0,70	-
průměrné zatížení stroje	c ₃	1,00	-
celkový příkon elektronických zařízení	ΣP	17750,00	W
PRODUKCE TEP. ZISKŮ OD ELEKTRONICKÝCH ZAŘ.	Q_e	12425	W
Tepelné zisky od elektromotorů			
Elektromotory se v sále nevyskytují			
Tepelné zisky z vedlejších místností			
Tepelné zisky z vedlejších místností dosahují v poměru k předchozím teplotním ziskům tak nízké hodnoty, že je pro další výpočet zanedbám			

Tepelné zisky z vnitřního prostředí

Zisky z citelného tepla od osob - sál

plocha místnosti	S	205	m ²
předepsaná minimální plocha na osobu	S/os	1,2	m ² /os
počet osob 1NP	os/sál	171	-
počet osob balkón	os/balkón	47	-
celkový počet osob	os	218	-
počet mužů	i _m	109	-
počet žen	i _z	109	-
počet dětí	i _d	0	-
produkce citelného tepla žen	Q _{ic_z}	85,00	%Q _{icm}
produkce citelného tepla dětí	Q _{ic_d}	75,00	%Q _{icm}
přepočet na ekvivalentní počet	i ₁	201,188	-
produkce citelného tepla muže	Q _{ic}	77	W
PRODUKCE TEP. ZISKŮ OD CITELNÉHO TEPLA OSOB	Q_{t,1}	12395	W

ČSN 73 0818

odhad ČSN tab.6

Zisky z citelného tepla od osob - jeviště

plocha místnosti	S	112	m ²
předepsaná minimální plocha na osobu	S/os	3,0	m ² /os
počet osob	os	37	-
počet mužů	i _m	19	-
počet žen	i _z	19	-
počet dětí	i _d	0	-
produkce citelného tepla žen	Q _{ic_z}	85,00	%Q _{icm}
produkce citelného tepla dětí	Q _{ic_d}	75,00	%Q _{icm}
přepočet na ekvivalentní počet	i ₁	34,445	-
produkce citelného tepla muže	Q _{ic}	77	W
PRODUKCE TEP. ZISKŮ OD CITELNÉHO TEPLA OSOB	Q_{t,2}	2125	W
CELKOVÉ TEP. ZISKY OD OSOB	Q_t	14520	W

ČSN 73 0818

odhad ČSN tab.6

Vodní zisky od osob

Počet lidí	i	255	-
Produkce vodní páry osob	m _{1v}	273	g/h
	M_{v1}	69543	g/h
PRODUKCE VODNÍCH ZISKŮ	M_{v1}	19,318	g/s

P6

Tepelné zisky od svítidel

produkce tepla na 1 m ²	P _m	10	W/m ²
osvětlovaná plocha	S _m	316	m ²
součinitel současnosti používání svítidel	c ₁	1,00	-
zbytkový součinitel	c ₂	1,00	-
PRODUKCE TEPELNÝCH ZISKŮ OD SVÍTIDEL	Q_{sv}	3165	W

Tepelné zisky od elektronických zařízení

součinitel současnosti chodu všech zařízení	c ₁	0,70	-
průměrné zatížení stroje	c ₃	1,00	-
celkový příkon elektronických zařízení	ΣP	17750,00	W
PRODUKCE TEP. ZISKŮ OD ELEKTRONICKÝCH ZAŘ.	Q_e	12425	W

Tepelné zisky od elektromotorů






Elektromotory se v sále nevyskytují

Tepelné zisky z vedlejších místností

Tepelné zisky z vedlejších místností dosahují v poměru k předchozím teplotním ziskům tak nízké hodnoty, že je pro další výpočet zanedbám

PŘÍLOHA 10: Elektrotechnika instalovaná v sále

Technika instalovaná v koncertním sále	
Světla, světelné efekty jeviště	
	HQ Power VDL P575B
	multipar reflektor
	produkce tepla 575 W
	počet 4 ks
	celková produkce tepla 2300 W
	Spotlight Sintesi Vario 25
	scénické osvětlení
	produkce tepla 2000 W
	počet 2 ks
	celková produkce tepla 4000 W
	GLP Starblind 8
	LED RGB blinder
	produkce tepla 150 W
	počet 2 ks
	celková produkce tepla 300 W
	HQP POWER STROBE 1500DMX
	stroboskop
	produkce tepla 1500 W
	počet 2 ks
	celková produkce tepla 3000 W
	Adam Hall Cameo LED PAR56 RGB05 Black
	LED reflektor
	produkce tepla 100 W
	počet 8 ks
	celková produkce tepla 800 W
	Futurelight PHS1200E
	Moving head
	produkce tepla 1200 W
	počet 2 ks
	celková produkce tepla 2400 W
	HQP POWER GOBO LIGHT 250
	Dekoratивní efekt
	produkce tepla 250 W
	počet 2 ks
	celková produkce tepla 500 W

Efekty	
	Jem ZR12 DMX
	Výrobník mlhy
	produkce tepla 1000 W
	počet 1 ks
	celková produkce tepla 1000 W
Ovládací prvky	
	GLP MDP1012III
	Dimmer
	produkce tepla 300 W
	počet 2 ks
	celková produkce tepla 600 W
	GLP Creation NT
	DMX ovladač
	produkce tepla 200 W
	počet 1 ks
	celková produkce tepla 200 W
Zvuk	
	Allen-Heath iLive T-112
	mixpult
	produkce tepla 250 W
	počet 1 ks
	celková produkce tepla 250 W
	QSC CX 168
	koncový zesilovač
	produkce tepla 800 W
	počet 3 ks
	celková produkce tepla 2400 W
CELKOVÝ VÝKON EL. ZAŘÍZENÍ	
P = 17750 W	

Obr. 55: Světelná, efektová a audio technika instalovaná v sále

zdroj: Vlastní práce

PŘÍLOHA 11: Tepelné ztráty

Tab. 26: Dílčí tepelné ztráty řešených prostor

zdroj: Vlastní práce

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí

Stavební konstrukce							
č.k.	Popis	A _k	U _k	e _k	A _k ·U _k ·e _k	ΔU	U _k ·U _b
SO 1	Stěna vnější 0,5	342,94	0,301	1	120,449	0,05	0,351
10x OZ1	Okno	12,96	1,200	1	16,200	0,05	1,250
2x D01	Dveře	9,72	1,500	1	15,066	0,05	1,550
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí						H _{t, ig} =Σ _k A _k ·U _k ·e _k =	154,866

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem

Stavební konstrukce							
č.k.	Popis	A _k	U _k	ΔU	U _{kc}	b _u	A _k ·U _{kc} ·b _u
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor						H _{t, iue} =Σ _k A _k ·U _{kc} ·b _u =	0

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty

Stavební konstrukce							
č.k.	Popis	A _k	U _k	f _{ij}	A _k ·U _k ·f _{ij}		
SN 1	Vnitřní stěna 0,15	20,64	1,440	0,15625	4,643		
DN 1	Dveře vnitřní	4,00	2,000	0,15625	1,250		
SN 2	Vnitřní stěna 0,45	61,47	0,288	0,15625	2,766		
DN 2	Dveře vnitřní	2,00	2,000	0,15625	0,625		
SN 3	Vnitřní stěna	10,44	1,462	0,15625	2,385		
STR 1	Strop	348,00	1,734	0,15625	94,290		
STR 2	Strop	58,48	0,715	0,15625	6,536		
PDL 3	Podlaha pódium	36,95	1,286	0,15625	7,422		
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. Tepl						H _{t, i} =Σ _k A _k ·U _k ·f _{ij} =	119,917

Tepelné ztráty zeminou

Stavební konstrukce									
č.k.	Popis	A _k	U _{equiv,k}	A _k ·U _{equiv,k}	f _{g1}	f _{g2}	G _w	f _{g1} ·f _{g2} ·G _w	
PDL 1	Podlaha sál	351,52	0,260	91,2546	1,45	0,78125	1	1,133	
PDL 2	Podlaha jeviště	111,71	0,414	46,2937	1,45	0,78125	1	1,133	
Celková měrná tepelná ztráta zeminou								H _{t, ig} =(Σ _k A _k ·U _{equiv,k})·f _{g1} ·f _{g2} =	155,82

θ_{int,i}

20

Návrhová vnitřní teplota

θ_e

-12

Venkovní teplota lokality

θ_u

5

Teplota nevytápěného prostoru

θ_{j1}

15

Prostor s rozdílnou teplotou

θ_{j2}

θ_{j3}

θ_{m,e}

5

K zemině

$f_{ij} = (\theta_{int,i} - \theta_j) / (\theta_{int,i} - \theta_e)$

součinitel redukce teploty

$B^i = A_g / (0,5 \cdot P)$

Bⁱ=

10,985

Charakter čísla Bⁱ

U_{equiv,k}=

0,260

Součinitel prostupu tepla bez vlivu zemin

Bⁱ=

5,319643

Charakter čísla Bⁱ

U_{equiv,k}=

0,414

Součinitel prostupu tepla bez vlivu zemin

PŘÍLOHA 12: Návrh velkoobjem. vyústky VARIANTA A - softwarově

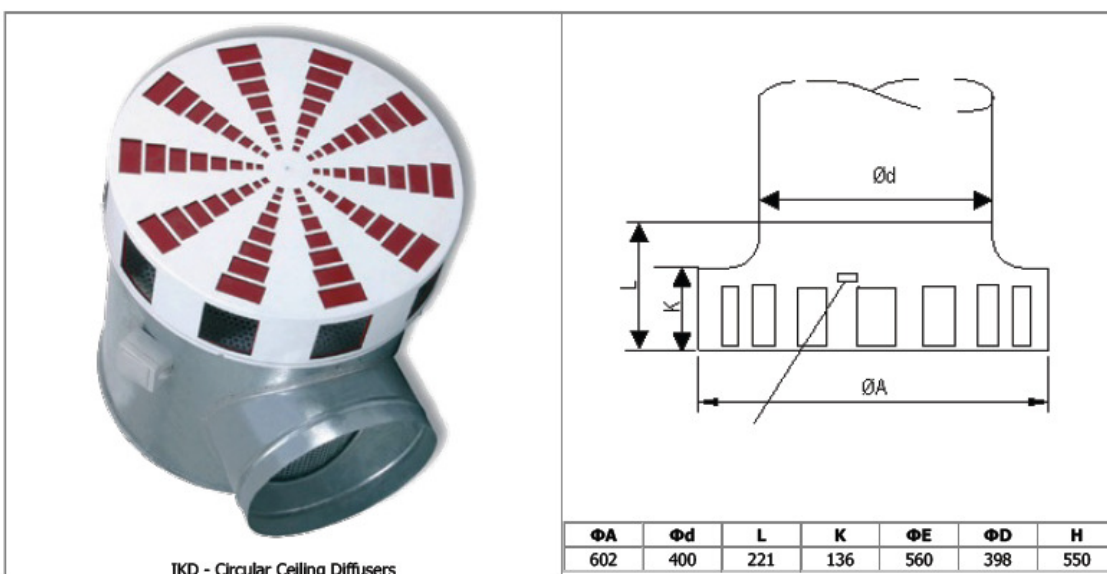
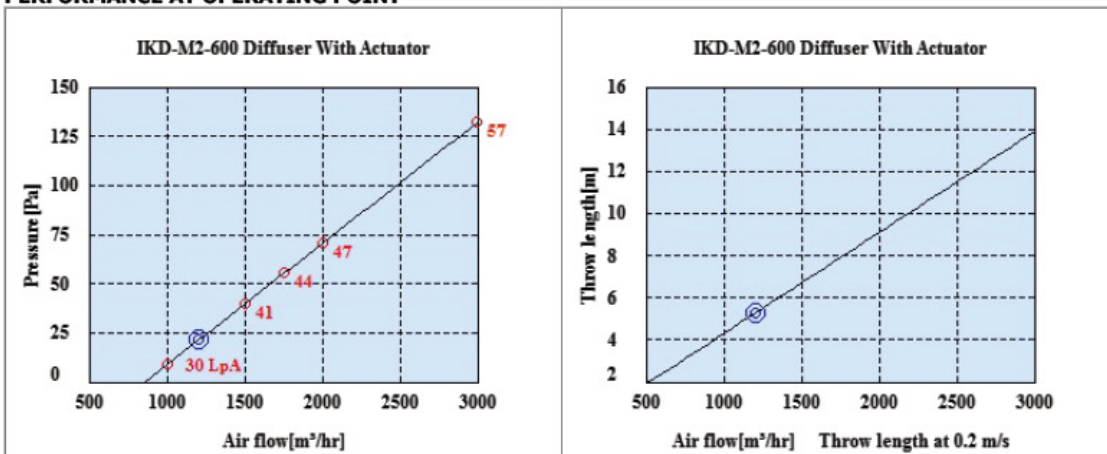

Systemair ADP Selection
Date: 12/06/12

Page: 2

Customer number: Ekl Martin

FAX:
Telephone:
IKD-M2-600 DIFFUSER WITH ACTUATOR

Air flow[m ³ /hr]	Pressure[Pa]	Sound[dB(A)]	Throw length[m] _{0.2} m/s	Terminal velocity[m/s]
1200	25	34	5.3	0.2


PERFORMANCE AT OPERATING POINT


Obr. 56: Příklad návrhu přívodní vyústky VARIANTY A pomocí programu

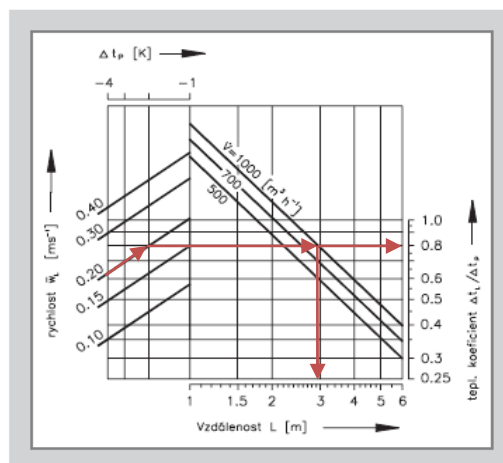
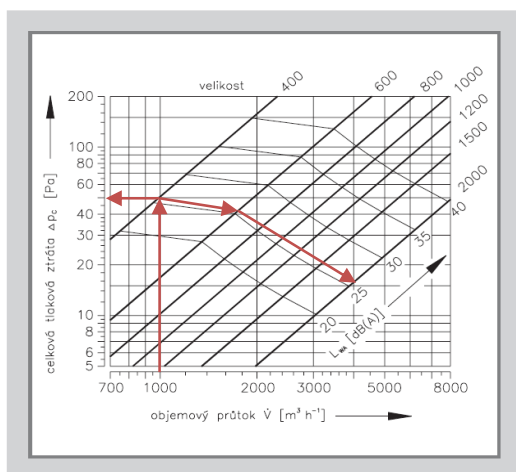
zdroj: Vlastní práce; výstup z programu Systemair ADP selection software

PŘÍLOHA 13: Návrh velkoplošné vyústky VARIANTA B - ručně

\dot{V}_{\max} [m ³ .h ⁻¹]	Velikost	hrdlo $\varnothing D$ [mm]	Výška vyústí H [mm]				
			750	1000	1250	1500	2000
VPVM - S	400	248	660	730	770	830	900
	600	398	1400	1530	1700	1800	1900
	800	448	1800	2000	2100	2250	2450
	1000	498	2200	2430	2600	2800	3000
	1200	558	2750	3050	3200	3450	3700
	1500	628	3450	3800	4000	4300	4600
	2000	798	5150	5800	6000	6500	7000

2. VPVM - S

10. VPVM - S 400



Rychlost proudění a teplotní koeficient

Korekce na výšku vyústí (platí pro diagramy 4 až 22)

	výška vyústí H [mm]				
	750	1000	1250	1500	2000
\overline{w}_L [m.s ⁻¹]	x 0,95	x 1	x 1,05	x 1,1	x 1,15
$\Delta t_c / \Delta t_p$	x 0,65	x 0,7	x 0,75	x 0,8	x 0,9

Tlakové ztráty a akustické výkony


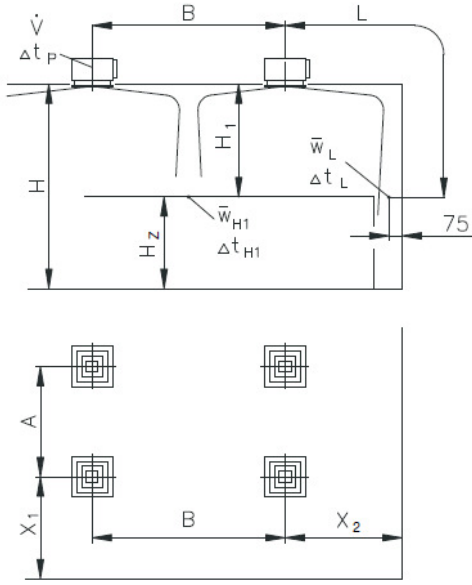
Korekce na výšku vyústí (platí pro diagramy 1 až 3)

	výška vyústí H				
	750	1000	1250	1500	2000
Δp_c	x 1,1	x 1	x 0,9	x 0,8	x 0,7
L_{WA}	+ 1	0	- 1	- 1	- 2

Obr. 57: Příklad návrhu přívodní vyústky VARIANTY B pomocí namogramu

zdroj: Vlastní práce; technické listy Mandík a.s. [25]

PŘÍLOHA 14: Návrh vířivé vyústky VARIANTA C - softwarově

Project: vir.acd	AirCAD design www.mandik.cz	
<p>Rozměry místnosti</p> <p>šířka x délka x výška: 2,00 m x 12,00 m x 3,00 m</p> <p>H1: 1,50 m</p> <p>Objem: 72,00 m³</p> <p>Plocha: 24,00 m²</p> <p>Uspořádání elementů:</p> <p>Vzdálenost A: 0,00 m</p> <p>Vzdálenost B: 2,00 m</p> <p>Vzdálenost X1: 1,00 m</p> <p>Vzdálenost X2: 2,00 m</p> <p>Počet ve směru š: 1</p> <p>Počet ve směru l: 5</p> <p>Celkový počet: 5</p> <p>Objemový průtok:</p> <p>v místnosti: 3250 ml/h</p> <p>na jeden element: 650 m³/h</p> <p>na čtvereční metr: 27,08 m³/h*m²</p> <p>výměna vzduchu: 45,1 [1/h]</p> <p>Teplota vzduchu:</p> <p>přiváděného vzduchu: 21,0 °C</p> <p>v místnosti: 21,0 °C</p> <p>Rozsah wH1 a wL: 0,15 - 0,22 m/s</p>		
		
<p>Výsledné hodnoty:</p> <p>VVM 600 / 48 - Vyúst' s vířivým výtokem vzduchu, připojení vodorovné</p> <p>Objednací kód: VVM 600 / C / V / P / 48 / R - TPM 001/96</p> <p>Δ pc = 23,47 Pa</p> <p>wH1 = 0,19 m/s</p> <p>Δ tH1 = 0,0000 K</p> <p>wL = 0,37 m/s</p> <p>Δ tL = 0,0000 K</p> <p>Lwa = 31 dB(A)</p>		
Vytisknuto: 09.12.2012 13:10:03		Strana 1/1

Obr. 58: Příklad návrhu přívodní vyústky VARIANTY C pomocí programu

zdroj: Vlastní práce; výstup z programu AirCad 2.1

PŘÍLOHA 15: Technické listy distribučních prvků

64 | Round ceiling diffusers



IKD

Circular ceiling diffuser with dual adjustable cones for high installations

Function

IKD is suited for comfort ventilation of big and industrial halls. Suitable for heating and cooling because of the adjustable construction. Installation height is between 4 and 15 m. The air stream pattern (horizontal or vertical) can be adjusted manually or by an actuator. The IKD consists of an inlet cone and an inner and outer cage with openings for supply air in the peripheral surface and the underside. Dependent of the operation method the openings in the peripheral surface (cooling, horizontal air stream) or the underside (heating, vertical air stream) are opened. There is no difference in pressure drop or sound level when the operation method is changed.

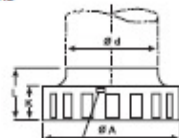
Design

The IKD is made of powder coated steel (RAL 9010) and is available in the duct connection sizes 180, 250, 315, 400 and 500 mm. The standard type has a perforated plate (flow straightener). The plenum box is from galvanized steel with included damper.

Mounting

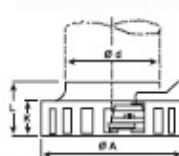
The IKD can be mounted directly in a spiro duct or combined with the plenum box.

Dimensions



Openings can be fixed by a screw on the peripheral surface.

IKD-M with Actuator



At sizes 400-800 the motor is inside the diffuser, at size 300 the motor is on the outside

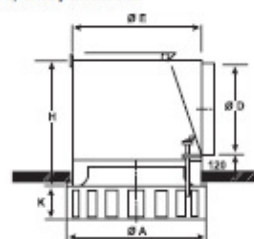
IKD-D with damper



The damper is fixed at the duct connection and can be adjusted from below.

	ØA	Ød	L	K	ØE	ØD	H
IKD 300	302	180	144	79	260	178	330
IKD 400	402	250	178	98	360	348	400
IKD 500	502	315	200	120	460	313	465
IKD 600	602	400	221	136	560	398	550
IKD 800	802	500	310	185	725	498	650

IKD-PB, With plenum box



The IKD will be fixed with 4 screws to the plenum box. The included damper can be adjusted from below.

Selection Table

Table below shows the general product performance for more details please see selection software or contact your local systemair office.

Versions

- IKD - Standard version
- D - Damper included
- PB - Plenum box with side entry and damper
- M1 - Actuator 230V
- M2 - Actuator 24V
- M3 - Actuator 24V 0-10V stepless control

Ordering code

IKD-D-300
(D-Version, Size)

IKD (Cooling, Horizontal outlet -10K)													
Size	Art No			Air flow range (m³/h, l/s) and throw l _{0,2} (m)							ΔP _t - Pressure drop (Pa)		
	IKD	-D	-PB										
300	30139	30149	30144	3	4	6					14	29	52
400	30140	30150	30145		2	3	5				10	15	40
500	30141	30151	30146			4	5	7			8	14	44
600	30142	30152	30147				3	5	7		10	22	45
800	30143	30153	30148					4	6	8	2	8	30
m³/h				200	300	400	650	1100	1550	2550	20-25	30	35-40
l/s				56	83	111	181	306	431	708	dB (A)		

IKD (Heating, Vertical outlet at +15K)													
Size	Art No			Air flow range (m³/h, l/s) and throw l _{0,2} (m)							ΔP _t - Pressure drop (Pa)		
	IKD	-D	-PB										
300	30139	30149	30144	2	3	4					14	29	52
400	30140	30150	30145		2	3	5				10	15	40
500	30141	30151	30146			2	3	5			8	14	44
600	30142	30152	30147				2	4	6		10	22	45
800	30143	30153	30148					2	3	5	2	8	30
m³/h				200	300	400	650	1100	1550	2550	20-25	30	35-40
l/s				56	83	111	181	306	431	708	dB (A)		

42 | Duct mounted grilles & diffusers



NOVA-C

Single or double deflection grille for circular ducts

Function

NOVA-C grille series are designed specifically to be installed onto round ducts. The construction allows the mounting of each grill height to various diameters of duct diameters. Adjustable single or double deflection with opposed blade design allows for a full flexibility of the use and reduction in draft in occupied zone and facilitates the system balancing. All grilles are dispatched in galvanized finish to bring harmonious look to the duct construction.

Design

The frame, blades and the damper assembly are manufactured from roll-formed galvanized sheet steel to bring robust construction.

Mounting

NOVA-C grilles are pre-punched through the front face frame to be mounted onto the duct with self tapping screws.

Optional Extras

Hit & Miss damper, single leaf damper, opposed blade damper and mounting frame

Selection Table

Table below shows the general product performance for more details please see selection software or contact your local Systemair office

Ordering Code

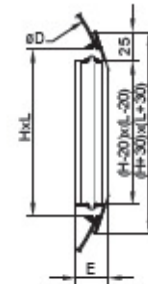
The ordering code is NOVA-C-1-Size for single deflection or NOVA-C-2-Size for double deflection

Accessories

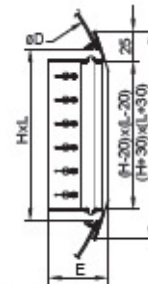
R1 NOVA damper Opposed blade damper Air volume flow can be adjusted with turning the screwdriver, Depth of the grille is 40 mm.



Dimensions



NOVA-C-1



NOVA-C-2

Height of the grille H	Duct penetration E(mm)		Duct Diameter D(mm)	
	NOVA-C-1	NOVA-C-2	min	Max
75	32	54	150	450
125	32	54	315	900

NOVA-C													
Size	Art No			Air flow range (m³/h, l/s) and throw l _{0,2} (m)							ΔP _t - Pressure drop (Pa)		
	NOVA-C-1	NOVA-C-2	R1										
225x75	40775	40871	40973	14	22	28					15	37	50
225x125	40791	40887	40976		17	24	30				13	25	38
325x75	40776	40872	40974	15	25	30					12	32	42
325x125	40792	40888	40977		20	29	36				13	26	36
425x75	40777	40873	40975		16	28	33				10	30	37
m³/h				225	300	375	525	615	675	775	20-25	30	35-40
l/s				62	83	104	146	171	188	215	dB (A)		

NOVA-L Linear bar grille for supply and return air



Function

The grille directs the air with help of horizontal deflectors. The damper or plenum box provides even distribution of air through the whole grille.

Description

NOVA-L is rectangular aluminium grille with fixed deflectors and can be used in commercial and industrial premises. The grille is intended for supply, or return air. It is build into wall, ceiling, or window sill. NOVA-L is supplied with springs as a standard. As an accessory there are plenum boxes, mounting frames and dampers available.

Design

NOVA-L grille is manufactured from natural anodized aluminium profiles white painted to RAL 9010. Dimensions from 200x100 to 1000x200 are available on stock.

Mounting

The NOVA-L grille can be mounted directly into a duct or wall with mounting frame and springs.

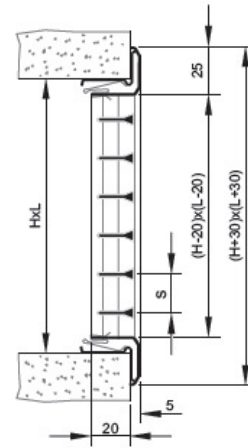
Ordering Code

The ordering code is NOVA-L-Size

Selection Table

Table below shows the general product performance for more details please see selection software or contact your local systemair office.

Dimensions



Accessories

R1 NOVA damper

Opposed blade damper Air volume flow can be adjusted with turning the screwdriver, Depth of the grille is 40 mm.



NOVA UR Mounting Frame

First the mounting frame is fixed to wall or duct with screws or detachable arms, then the grille is fixed with springs to mounting frame.



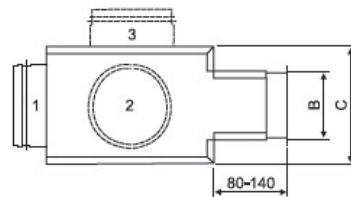
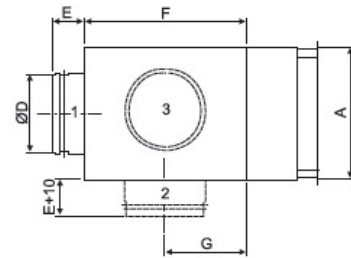
PRG Plenum box

Insulated plenum box with inlet measuring damper control

PRG 1 = Rear connection

PRG 2 = Side connection

PRG 3 = Top/bottom connection



NOVA-L														
Size	Art No						Air flow range (m³/h, l/s) and throw l _{0,2} (m)							ΔP _i - Pressure drop (Pa)
	NOVA-L	UR	R1	PRG1	PRG2	PRG3								
200 x 100	41304	41266	41287	6211	6220	6426	6	9	13					11 26 59
200 x 150	42905	42112	42016		8505			7	10	15				10 24 46
300 x 100	41305	41267	41288	6212	6221	6427		7	10	15				10 24 46
400 x 100	41307	41269	41290	6214	6223	6428			9	13	17			13 25 44
300 x 150	41306	41268	41289	6213	6222	6430			8	11	16			9 17 32
500 x 100	41309	41272	41293	6216	6225	6429			8	11	15			7 15 28
300 x 200	42906	42124	42028		8505				9	16	20			7 22 34
400 x 150	41308	41270	41291	6215	6224	6431			10	13	17			10 17 28
600 x 100	41314	41276	41296		8505				10	14	17			10 19 31
m³/h							80	120	185	260	350	450	550	20-25 30 35-40
l/s							22	33	51	72	97	125	153	dB (A)

NOVA-L																		
Size	Art No						Air flow range (m³/h, l/s) and throw l _{0,2} (m)								ΔP _i - Pressure drop (Pa)			
	NOVA-L	UR	R1	PRG1	PRG2	PRG3												
500 x 150	41310	41273	41294	6217	6226	6432	12	15	18						10	17	25	
400 x 200	41313	41271	41292	B505			10	16	23						7	17	32	
800 x 100	41316	41281	41299				12	15	18							10	17	25
600 x 150	41315	41277	41297				11	17	24							7	17	33
1000 x 100	41319	41263	41284				10	16	23							7	17	32
500 x 200	41311	41274	41295	6218	6193	6433		12	20	25					7	20	29	
600 x 200	41312	41278	41298	6219	6194	6434			13	19	23				7	14	20	
800 x 150	41317	41282	41302	B505				12	20	25					6	19	28	
1000 x 150	41320	41264	41285						13	22	27					6	18	27
500 x 300	42907	41275	42049							16	20	30				7	12	26
800 x 200	41318	41283	41303							16	24	30				7	17	25
600 x 300	42908	41279	42065					15	22	27				5	12	18		
1000 x 200	41321	41265	41286						17	22	27			7	11	16		
600 x 400	41530	41280	42066							19	23	36		6	9	21		
m³/h							350	450	550	775	950	1175	1450	2225	20-25	30	35-40	
l/s							97	125	153	215	264	326	403	618	dB (A)			



Obr. 59: Technické listy distribučních prvků Systemair a.s.

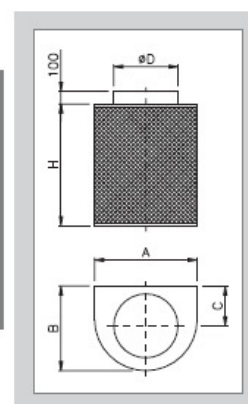
zdroj: Technické listy; Systemair a.s. [26]

TPM 013/01

Vyúst stěnová VPVM - S

Velikost	400	600	800	1000	1200	1500	2000
A	400	600	800	1000	1200	1500	2000
B	330	490	550	620	700	850	1100
C	155	235	265	290	320	370	480
ØD	248	398	448	498	558	628	798

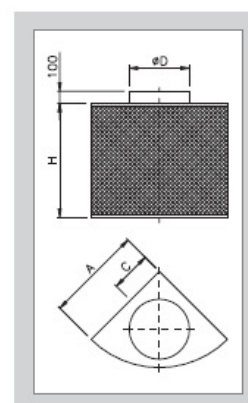
Výška H: 750, 1000, 1250, 1500, 2000



Vyúst rohová VPVM - R

Velikost	800	1000	1200	1400	1600	2000
A	400	500	600	700	800	1000
C	170	210	250	290	330	390
ØD	248	313	398	448	448	498

Výška H: 750, 1000, 1250, 1500, 2000



4. Hmotnosti

	Velikost	Výška vyústí H [mm]					Regulace
		750	1000	1250	1500	2000	
VPVM - K	400	8,8	11,0	13,0	14,5	18,5	0,8
	600	14,0	17,0	20,0	23,0	29,0	1,7
	800	20,0	24,0	27,0	31,0	38,0	2,0
	1000	27,0	31,0	35,5	40,0	48,5	2,5
	1200	35,0	40,0	45,0	50,0	60,0	3,0
	1480	46,5	53,0	59,0	65,0	77,0	3,7
VPVM - S	400	11,0	13,0	16,0	18,5	24,0	0,6
	600	17,0	21,0	25,0	29,0	37,0	1,2
	800	21,0	26,0	30,0	35,0	44,0	1,4
	1000	25,5	31,0	36,0	41,5	52,0	1,6
	1200	30,5	36,5	43,0	49,0	61,0	2,0
	1500	37,0	47,0	54,5	62,0	76,5	2,5
VPVM - R	2000	58,0	67,0	77,0	86,0	106,0	3,7
	800	12,0	15,0	17,5	20,5	26,5	0,6
	1000	15,0	19,0	22,5	26,0	33,5	0,8
	1200	19,0	23,5	28,0	32,0	41,0	1,2
	1400	23,0	28,0	33,0	38,0	48,5	1,4
	1600	26,5	32,0	38,0	43,5	55,0	1,4
	2000	35,0	42,0	49,0	56,0	70,0	1,7

Pozn. Uvedené hmotnosti platí pro vyústí bez regulace. U provedení s regulací je nutno hmotnost regulace k hmotnosti vyústí přičíst.

TPM 003/97

Rozměry v mm, hmotnosti v kg

Tyto technické podmínky stanoví řadu vyráběných velikostí a provedení stropních, lamelových, čtvercových anemostatů (dále jen anemostatů) ALCM 250, 300, 400, 500, 600, 625. Platí pro výrobu, navrhování, objednávání, dodávky, montáž a provoz.

S účinností od 1.11.2003 se mění norma TPM 003/97 ZMĚNA 1 pro anemostat lamelový čtvercový ALCM 250, 300, 400, 500, 600, 625.

I. VŠEOBECNĚ**1. Popis**

Anemostaty jsou koncový vzduchotechnický element pro distribuci vzduchu. Používají se v místnostech s výškou cca 2,6 - 4m a jsou vhodné pro přívod i odvod vzduchu. Anemostaty mají čelní výtokové plochy z pevných profilových lamel vodorovně uspořádaných a vyrábí se u velikostí 250, 300, 400, 500, 600 v pěti provedeních čelní desky, u velikosti 625 v jednom (základním) provedení čelní desky. Dodávají se v provedení pro vodorovné připojení přes připojovací skříň, pro připojení svislé na čtyřhranné potrubí s regulací (bez připojovací skříně) a v provedení kompaktním s regulací R1.

2. Provedení

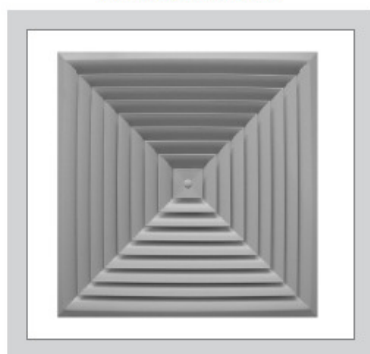
Anemostaty jsou dodávány u velikostí 250, 300, 400, 500, 600 v pěti provedeních čelní desky - základní, I, H, L, U, u velikosti 625 v jednom - základním provedení čelní desky.

Připojení na potrubí je možné: - přes připojovací skříň pro vodorovné připojení kruhovým hrdlem (v hrdle může být osazena regulační klapka, čelní desky lze připevnit i demontovat pomocí středového šroubu)

- bez připojovací skříně svisle na čtyřhranné potrubí (anemostat je vždy vybaven regulací v nástavci)

Anemostaty jsou určeny pro instalaci v prostředí chráněném proti povětrnostním vlivům třídy 3K5 dle ČSN EN 60 721-3-3 a prostory BNV dle ČSN EN 1127-1.

Provedení základní



Provedení I



Provedení H



Provedení L



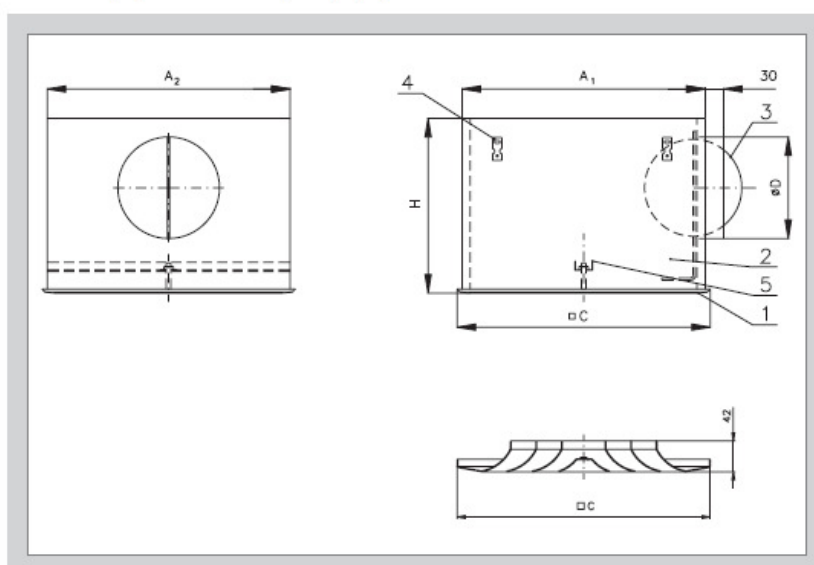
Provedení U



3. Rozměry

Velikost	A ₁	A ₂	C	H	øD	B	E
250	230	200	248	250	158	200	150
300	280	250	298	250	158	250	200
400	380	350	398	300	198	350	300
500	480	450	498	350	248	450	400
600	580	550	598	410	313	550	500
625	605	575	623	410	313	575	525

3.1. Připojení vodorovné přes připojovací skříň



Pozice

1. Čelní deska
2. Připojovací skříň
3. Regulační klapka
4. Zavěšovací úchyty
5. Přička

Rozměry v mm, hmotnost v kg.

Tyto technické podmínky stanovují řadu vyráběných velikostí a provedení výústí s vířivým výtokem vzduchu VVM 300, 400, 500, 600, 625 a 825 (dále jen výústě). Platí pro výrobu, navrhování, objednávání, dodávky, montáž a provoz.

I. VŠEOBECNĚ

1. Popis

Ručně přestavitelné výústě WM s lopatkami pro odklon proudu vzduchu jsou koncový vzduchotechnický element pro distribuci vzduchu umožňující optimální usměrnění výtokového proudění vzhledem k potřebám klimatizovaných nebo větraných prostorů. Vířivým výstupem vzduchu je zajištěno jeho intenzivní promíchání se stávajícím vzduchem, čímž je dosaženo podstatného snížení rychlosti a teploty vzduchu. Jsou vyhovující do cca 30-ti násobné výměny vzduchu a výšky místností od cca 2,6 do 4,0 m.

2. Provedení

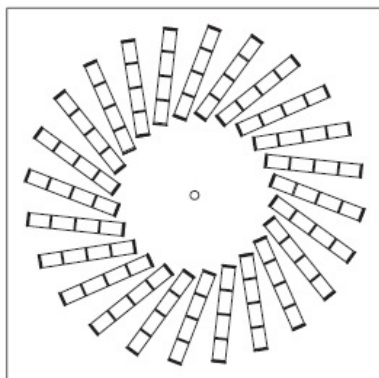
Dle požadavku jsou výústě dodávány se čtvercovou nebo kruhovou čelní deskou.

Připojení potrubí je možné přes přípojovací skříň a to shora nebo ze strany kruhovými přípojovacími hrdly. Přípojovací skříň může být dle požadavku dodána bez nebo s regulační klapkou.

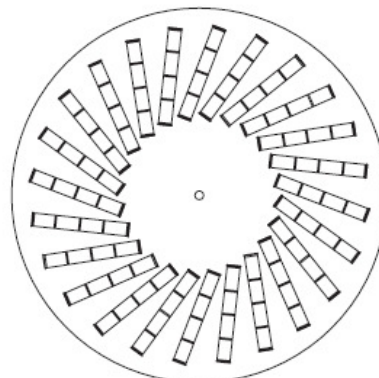
Čelní desky mají radiálně uspořádané drážky s regulačními lopatkami pro nastavení žádaného směru proudu vzduchu.

Výústě jsou určeny pro prostředí chráněná proti povětrnostním vlivům třídy 3K5 dle ČSN EN 60 721-3-3 a prostory BNV dle ČSN EN 1127-1.

Provedení VVM/C
Čelní strana čtvercová

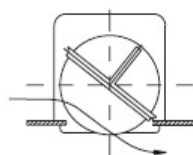


Provedení VVM/K
Čelní strana kruhová

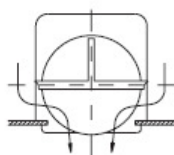


3. Nastavení lopatek

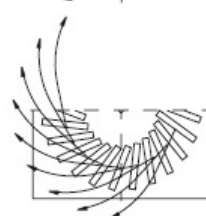
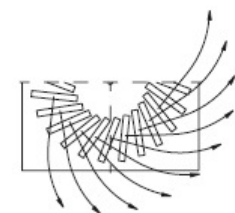
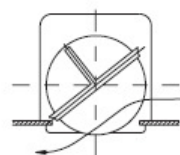
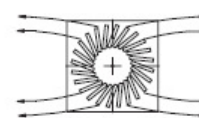
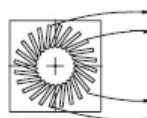
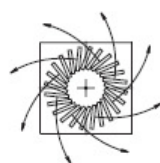
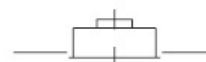
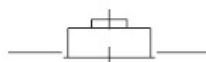
Vnější šroubovice



Svislý směr výstupu



Vnitřní šroubovice

**4. Směry proudění**

Všechny lamely
nastaveny na
vnější šroubovici

Lamely nastaveny
vždy z poloviny
na vnitřní resp.
vnější šroubovici

Lamely protilehlého
kvadrantu nastaveny
na vnitřní resp. vnější
šroubovici

5. Rozměry

Počet lamel	Velikost	C	Ø K	Ø D	Ø B	A	H ₁	H ₂
8	300	298	300	158	278	310	300	200
16	400	398	400	198	364	400	300	200
16	500	498	500	198	364	400	300	200
16	600	598	600	198	364	400	300	200
16	625	623	625	198	364	400	300	200
24	500	498	500	198	451	500	300	200
24	600	598	600	248	559	600	350	200
24	625	623	625	248	559	600	350	200
48	600	598	600	248	578	640	430	300
48	625	623	625	248	578	640	430	300
72	825	823	825	313	795	850	430	300

Rozměry v mm, hmotnosti v kg

Tyto technické podmínky stanoví řadu vyráběných velikostí a provedení stropních vířivých anemostatů stavitelných (dále jen anemostatů) VASM 315, 400, 630. Platí pro výrobu, navrhování, objednávání, dodávky, montáž a provoz.

I. VŠEOBECNĚ

1. Popis

Vířivé anemostaty stavitelné jsou koncový vzduchotechnický element pro distribuci velkého množství vzduchu s velkou teplotní diferencí (rozsah -10 až +15°C). Změnou úhlu výstupu vzduchu (od vodorovného výstupu pro chlazení, přes šikmý výstup pro izotermní vzduch až po svislý výstup pro vytápění) je zajištěno intenzivní promíchání přiváděného vzduchu se stávajícím.

Anemostaty se skládají z kruhové čelní desky s nastavitelnými lamelami, difuzoru, připojovací skříň pro připojení vodorovné nebo svislé, případně servopohonu.

Jsou vhodné pro výšky místností nad 3,8 m.

Anemostaty jsou určeny pro instalaci v prostředí chráněném proti povětrnostním vlivům třídy 3K5 bez vody i z jiných zdrojů než z deště, bez kondenzace, námrazy a tvorby ledu dle ČSN EN 60 721-3-3 a pro prostory BNV dle ČSN EN 1127-1.

Anemostaty nejsou určeny pro vzdušiny s mechanickými, prašnými, vláknitými a lepivými příměsemi.

2. Provedení

Anemostaty jsou dodávány v těchto provedeních:

2.1. Dle způsobu nastavování polohy lamel:

- ruční (s ovládáním na čelní desce)
- servopohonem (230V, 24V) dvoupohovým - bez signalizace polohy
- servopohonem (230V, 24V) dvoupohovým - se signalizací polohy
- servopohonem (24V SR) s plynulou regulací polohy (řízeno signálem 0 až 10V DC).

2.1.1. Provedení anemostatů dle způsobu nastavování polohy lamel se označuje dvojčíslem za číslem TP.

Provedení anemostatu - typ ovládání		Dvojčíslí za číslem TP
ruční		. 01
servo-polohová regulace	230V	. 45
servo-polohová regulace	230V + signalizace polohy	. 46
servo-polohová regulace	24V	. 55
servo-polohová regulace	24V + signalizace polohy	. 56
servo-lynulá regulace	24V SR	. 57

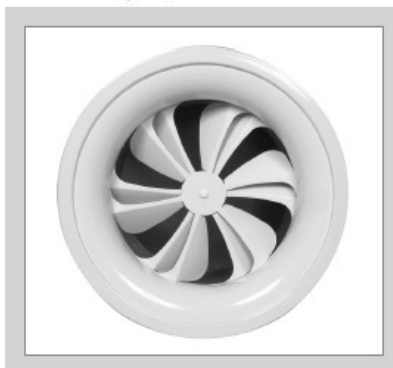
2.2. Dle způsobu připojení na potrubí:

- připojení vodorovné (kruhovými připojovacími hrdly přes připojovací skříň ze strany - dle požadavku bez nebo s regulační klapkou)
- připojení svislé (kruhovými připojovacími hrdly přes připojovací skříň shora - dle požadavku bez nebo s regulační klapkou)
- samostatná čelní deska (s možností připojení na potrubí shora).

Nastavení lamel pro přiváděný vzduch studený - výstup vodorovný



Nastavení lamel pro přiváděný vzduch izotermní - výstup ve směru 45°



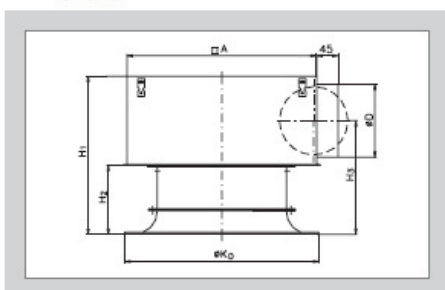
Nastavení lamel pro přiváděný vzduch
teplý - výstup svislý



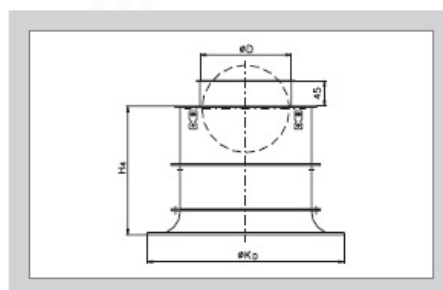
3. Rozměry

Velikost	$\varnothing B$	$\varnothing D$	$\square A$	H_1	H_2	H_3	H_4	h	$\varnothing K_D$
315	318	248	500	525	215	317	410	63	464
400	403	313	600	608	248	428	520	80	567
630	633	398	750	850	388	615	755	125	870

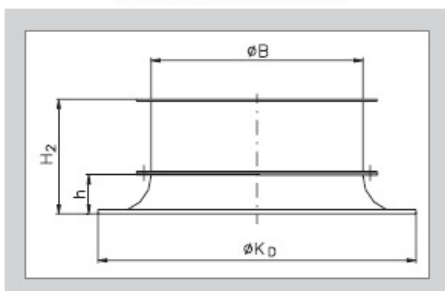
připojení vodorovné VASM... / V



připojení svislé VASM... / S



samostatná čelní deska
(bez připojovací skříně)



Rozměry v mm, hmotnosti v kg.

Tyto technické podmínky stanoví řadu vyráběných velikostí a provedení výustek pro kruhové potrubí (dále jen výustek) jednořadých a dvouřadých s regulací R1, R2 a R3. Platí pro výrobu, navrhování, objednávání, dodávky, montáž a provoz.

1. VŠEOBECNĚ

1. Popis

Vyústky jsou koncový vzduchotechnický element pro distribuci vzduchu v klimatizovaných, větraných a vytápěných prostorách.

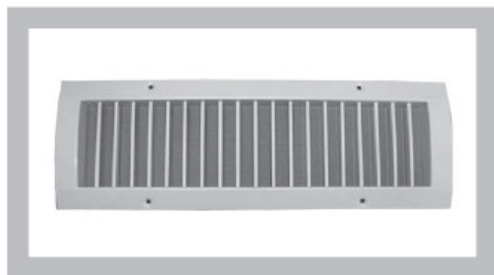
Dodávány jsou vyústky z ocelového plechu s uchycením šrouby. Sestávají z obdélníkového rámu, ve kterém je upevněna jedna, nebo dvě řady otočných listů (vyústka jednořadá nebo dvouřadá). Přední řada listů je svislá, shodná s kratším rozměrem vyústky, zadní řada je vodorovná. Těsnost vyústek je zajištěna těsněním po obvodu.

Vyústky jsou určeny pro instalaci v prostředí chráněném proti povětrnostním vlivům třídy 3K5 bez vody i z jiných zdrojů než z deště, bez kondenzace, námrazy a tvorby ledu dle ČSN EN 60 721-3-3 a pro prostory BNV dle ČSN EN 1127-1. Dovolенý rozsah teplot v místě instalace je od -20°C do $+70^{\circ}\text{C}$. Vyústky nejsou určeny pro agresivní prostředí a vzdušiny s mechanickými, prašnými, vláknitými a lepivými příměsemi.

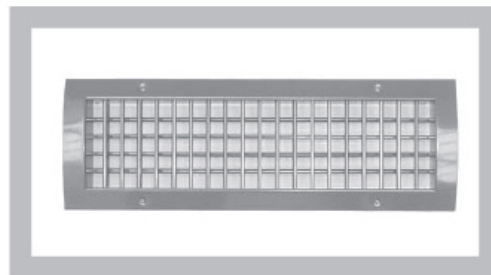
2. Provedení

Vyústky jsou dodávány podle počtu řad otočných listů jako jednořadá nebo dvouřadá, s regulací typu R1 s protiběžnými listy (určena pro přívod i odvod vzduchu), s regulací typu R2 s naklápěcím ramenem náběhových listů (určena pro přívod vzduchu) a s regulací typu R3 s pevnou a posuvnou regulační lištou, souběžnou s rámem vyústky (určena pro přívod i odvod vzduchu). Rozteč lamel je 20 mm. Vyústky se na potrubí upevňují šrouby.

Vyústka jednořadá s regulací R1



Vyústka dvouřadá s regulací R1



3. Rozměry

$\bar{S} \times V$	jmenovitý rozměr vyústky (otvor pro vyústku v potrubí)
$\bar{S}_1 = \bar{S} - 25$	šířka vyústky
$V_1 = V - 25$	výška vyústky
R	poloměr (rádius) zaoblení vyústky
H_1	hloubka boční lišty rámečku
H_2	celková hloubka vyústky (bez regulace)

$$H_2 = H_1 + (R - 1/2 \sqrt{4 R^2 - V_1^2})$$

jmenovitý rozměr Š x V (otvor pro vyústku v potrubí)	průměr potrubí D	hloubka boční lišty rámečku H1	
		vyústka	
		jednořadá	dvouřadá
225 x 75	150 – 400	30	50
325 x 75			
425 x 75			
525 x 75			
625 x 75			
825 x 75			
1025 x 75			
1225 x 75			
225 x 85	150 – 400		
325 x 85			
425 x 85			
525 x 85			
625 x 85			
825 x 85			
1025 x 85			
1225 x 85			
225 x 125	300 – 900		
325 x 125			
425 x 125			
525 x 125			
625 x 125			
825 x 125			
1025 x 125			
1225 x 125			
225 x 225	630 – 2400		
325 x 225			
425 x 225			
525 x 225			
625 x 225			
825 x 225			
1025 x 225			
1225 x 225			
225 x 325	630 – 2400		
325 x 325			
425 x 325			
525 x 325			
625 x 325			
825 x 325			
1025 x 325			
1225 x 325			

Řada potrubí (jmenovitý průměr) – 150, 160, 180, 200, 225, 250, 300, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1500, 1600, 1800, 2400.

Obr. 60: Technické listy distribučních prvků společnosti Mandík a.s.

zdroj: Technické listy Mandík a.s.[25]

PŘÍLOHA 16: Technická specifikace pro vyvíječe páry

model	UE090		UE130
pára			
připojení (průměr mm)	2 x 40		4 x 40
rozsah výstupního tlaku (Pa)	0/2300		
napájecí voda			
připojení	¾" G		
rozsah teploty (°C)	1/40		
rozsah tlaku (MPa)	0.1-0.8 (1/8 bar)		
rozsah tvrdosti (mmol/l / °Dh)	≤ 4 / 22,4		
skutečný průtok (l/min)	45		
rozsah vodivosti μS/cm	125 až 1250		
vypouštěná voda			
připojení (průměr mm)	40		
typická teplota (°C)	≤ 100		
skutečný průtok (l/min)	8	14	
podmínky prostředí			
okolní provozní teplota (°C)	1T40		
okolní provozní vlhkost (%rH)	10 až 60		
skladovací teplota (°C)	-10T70		
skladovací vlhkost (%rH)	5 až 95		
index elektrického krytí	IP20		
elektronický ovladač			
typ	PCO2*M*		
pomocné napětí/frekvence (V-Hz)	24 –50/60Hz		
maximální pomocný příkon (VA)	90	90	
vstupní čidla (všeobecné charakteristiky)	vstupní impedance: 10 kΩ, rozsah 0 až 10 Vdc		
vstupní čidla pro konfigurace H (všeobecné charakteristiky)	výběr z následujících signálů: 0 až 1Vdc, 0 až 10Vdc, 0 až 10Vdc, 0 až 20 mA, 4 až 20 mA vstupní impedance: 50 kΩ se signály 0 až 1 Vdc, vstupní impedance: 10 kΩ se signály 0 až 10 Vdc, 50 kΩ se signály 04 až 20mA, 0 až 20mA		
napájení k aktivním čidlům pro konfiguraci H (všeobecné charakteristiky)	21Vdc (24Vac usměrněné), I _{max} =200mA		
výstupy alarm. relé pro konfiguraci H (všeobecné charakteristiky)	250V 5A (2A) – typ mikrospínací akce 1 C		
výstupy alarm. relé a odvlhčování pro konfiguraci H (všeobecné charakteristiky)	250V 8A (2A) – typ mikrospínací akce 1 C		
vstup dálkového zapnutí (všeobecné charakteristiky)	beznapěťový kontakt, max. odpor 50Ω; V _{max} =24Vdc; I _{max} =5mA		
sériová komunikace pro konfiguraci	RS485 se dvěma vodiči		
napájení			
jmenovité napětí napájení:	400 V / 3 f / 50 Hz (kód L)		
skutečná výroba páry ⁽¹⁾ (kg/h)	90	130	
Jmenovitý příkon (kW)	67.5	97.5	
jmenovité napětí napájení:	460/480 V / 3 f / 50 Hz (kód M)		
skutečná výroba páry ⁽¹⁾ (kg/h)	90	130	
Jmenovitý příkon (kW)	67.5	97.5	
jmenovité napětí napájení:	575 V / 3 f / 50 Hz (kód N)		
skutečná výroba páry ⁽¹⁾ (kg/h)	90	130	
Jmenovitý příkon (kW)	67.5	97.5	

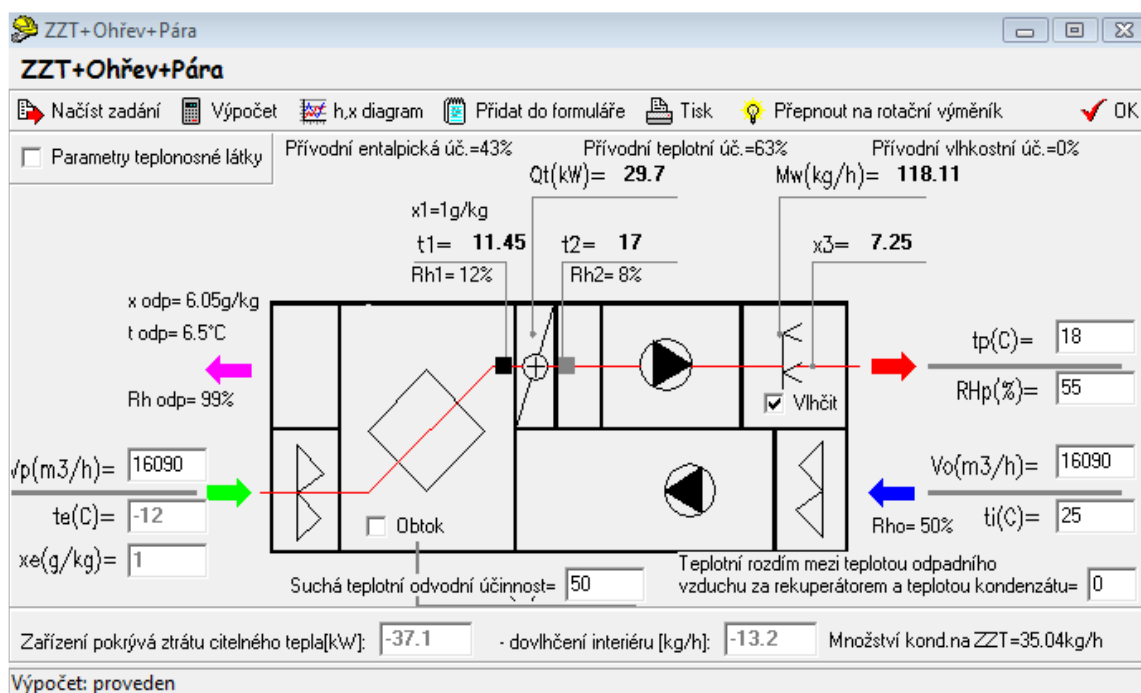
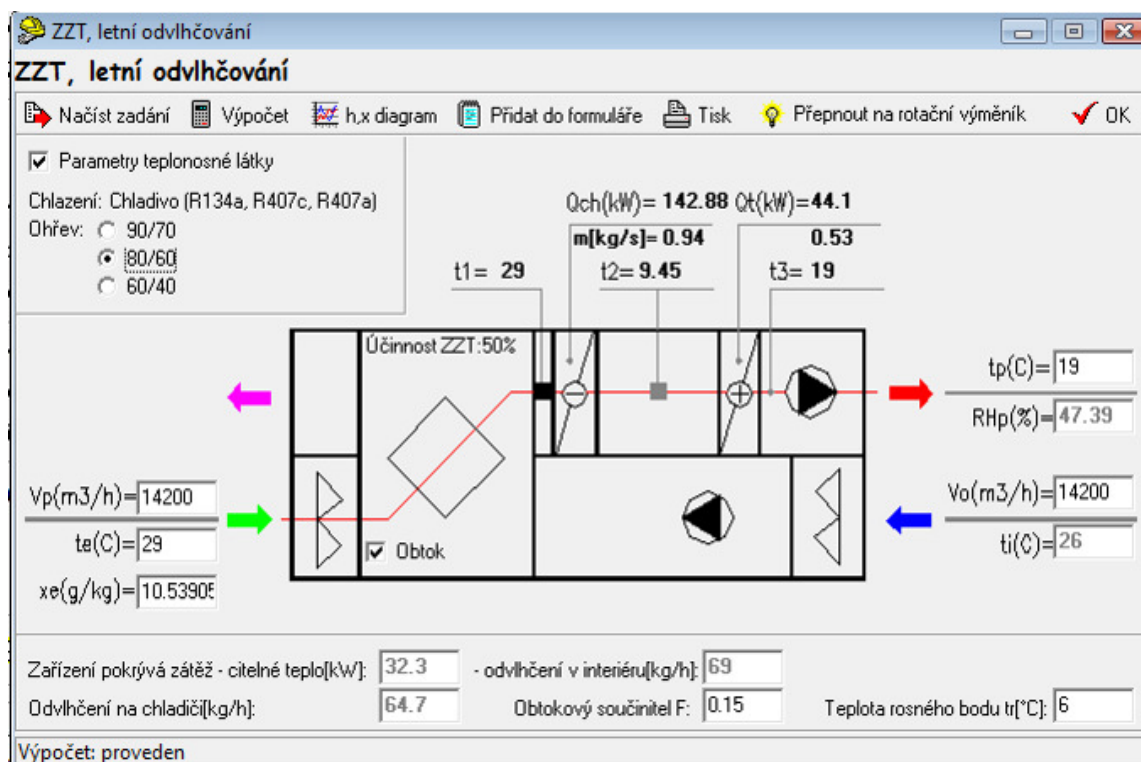
Tabulka 11.1

(1) průměrná výroba páry je ovlivněna faktory jako jsou okolní teplota, kvalita vody a systém distribuce páry.

Obr. 61: Technická specifikace parního vyvíječe HumiSteam Carel

zdroj: Technické listy Carel [27]

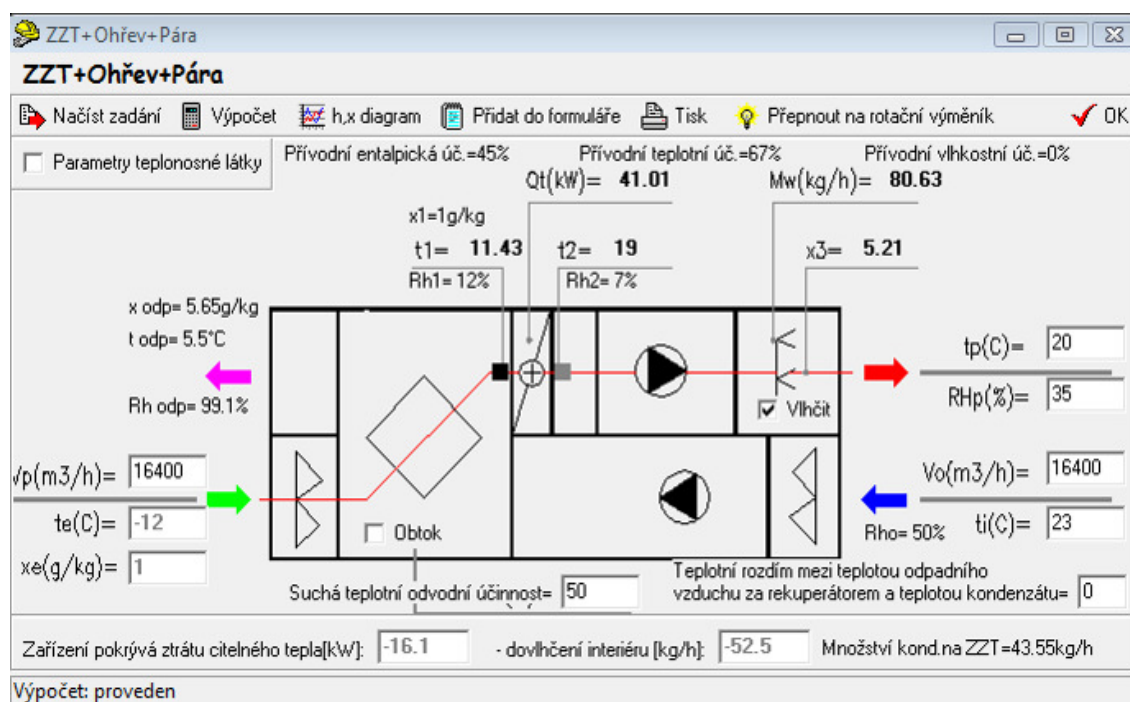
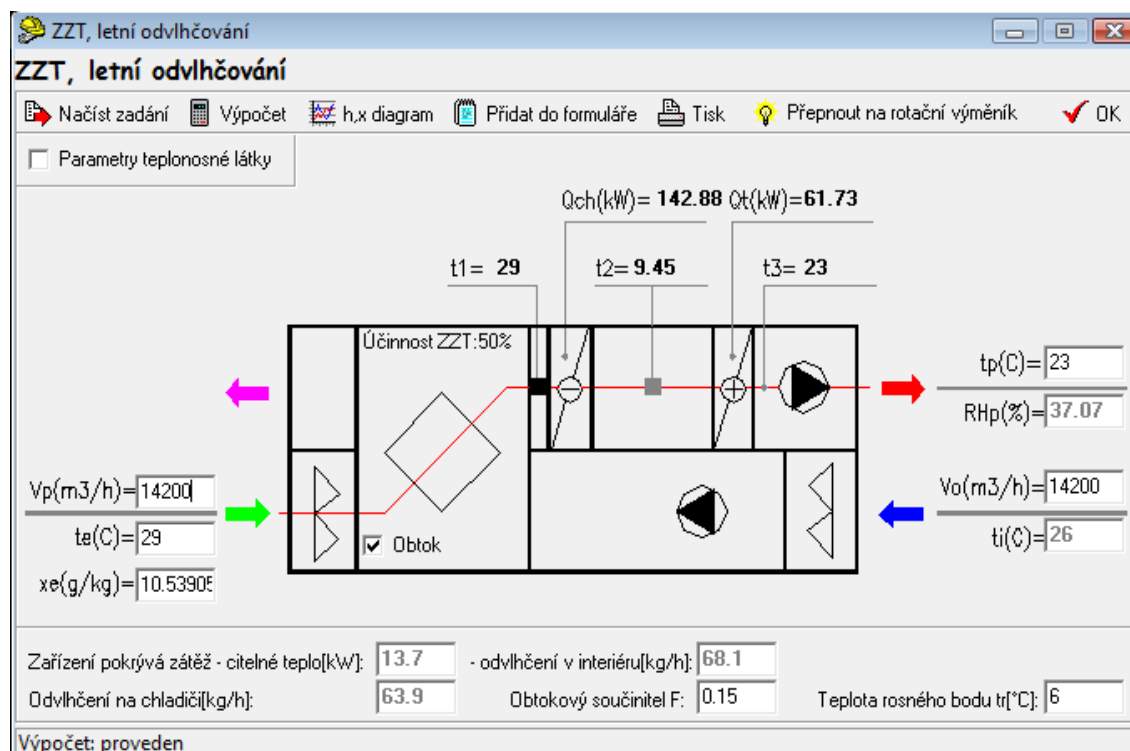
PŘÍLOHA 17: Výstupy z programu TERUNA pro letní a zimní období, Varianta A



Obr. 62: Návrh jednotky a úprav vzduchu VARIANTA A

zdroj: Vlastní práce; výstup z programu TERUNA v1.5b

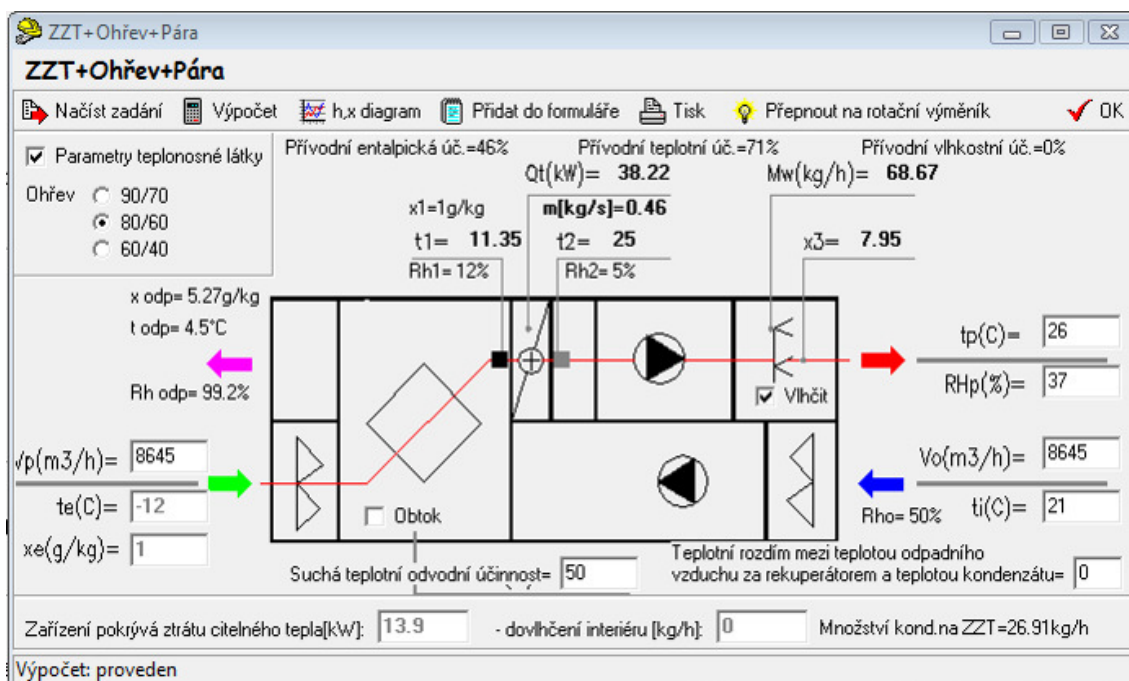
PŘÍLOHA 18: Výstupy z programu TERUNA pro letní a zimní období, Varianta B



Obr. 63: Návrh jednotky a úprav vzduchu VARIANTA B

zdroj: Vlastní práce; výstup z programu TERUNA v1.5b

PŘÍLOHA 19: Výstupy z programu TERUNA pro letní a zimní období, Varianta C



Obr. 64: Návrh jednotky a úprav vzduchu VARIANTA C

zdroj: Vlastní práce; výstup z programu TERUNA v1.5b

PŘÍLOHA 20: VARIANTA A – jednotka č. 1 - A.01

Nabídkový/zadávací list



C.I.C. Jan Hřebec s.r.o.
Na Zlaté stezce 1075
263 01 Dobříš
Česká Republika

Tel: 326 531 311
Fax: 326 531 312

info@cic.cz
nabidky@cic.cz
www.cic.cz

Zadavatel : FAST VUT BRNO

Akce : Diplomová práce

Projektant: Ekl Martin

Číslo nabídky: 1

Datum: 17.12.2012

Pozice projektu: VARIANTA A

Velikost jednotky: HL16 (řada TP12105), Průřezová rychlost: 3.04 / 3.04 m/s

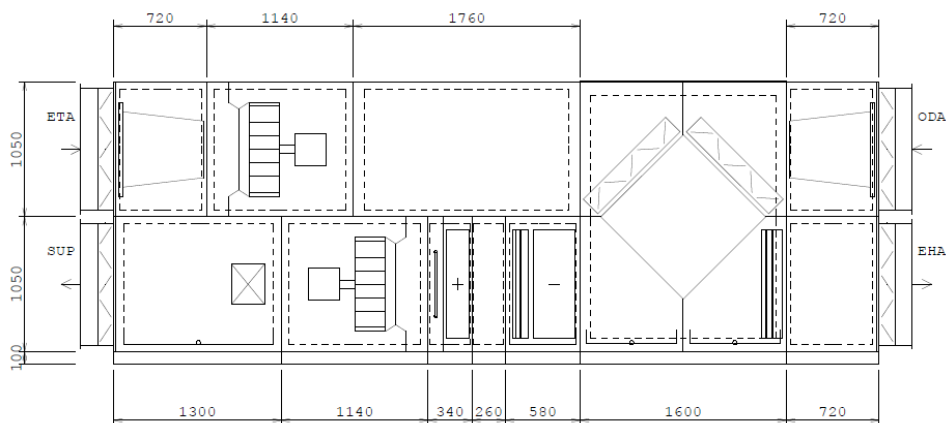
Vlastní rozměry (DxŠxV): 5940 x 1650 x 2200 mm, tloušťka stěny: 50 mm

Obrysové rozměry (DxŠxV): 6450 x 1650 x 2200 mm

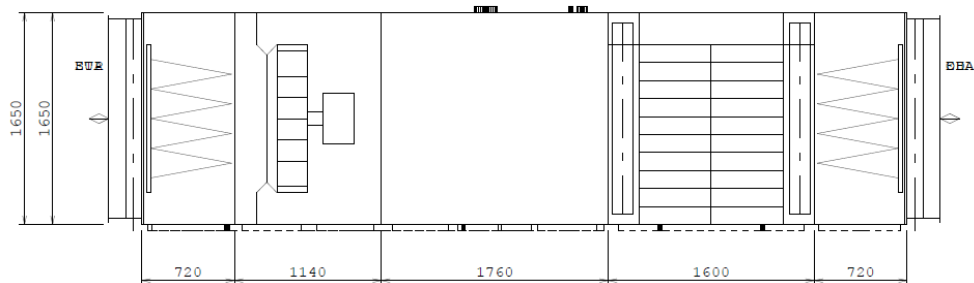
Hmotnost: 1785 kg, objemová hmotnost izolace: 50 kg/m³

Provedení pláště vnitřní : PZ, vnější strana: PZ

Pohled přední



Pohled shora



PŘÍVODNÍ ČÁST

Koncový panel, s velkým otvorem, Klapka	2 Pa
Vyhřívání klapky topným kabelem, příkon 0 W	
Reg.	1 ks
Filtrační komora, kapsový filtr F7 - 630	160 Pa
tlaková rezerva na zanesení filtrů	50 Pa
Rekuperační komora desková, s by passem, se směřováním	198 Pa
přívod: 16090 m ³ /h, -12.0 °C, 99 % / 2.9 °C	
odvod: 16090 m ³ /h, 21.0 °C, 50 % / 8.4 °C	
Teplný zisk: 79.7 kW, účinnost: 45 %	
odvod kondenzátu G: DN32	
Př.: Sifon pro odvod kondenzátu	2 ks
Chladicí komora s přímým výparníkem	32 Pa
jednořadá, 1 okruh bez elementů	
Eliminátor kapek	37 Pa
chladio: R 134A, výparná teplota: 6.0 °C, výkon:	154.8 kW
vzduch: 16090 m ³ /h, 29.0/9.5 °C, entalpie: 56.5/27.6 kJ/kg	
odvod kondenzátu G: DN32	
Př.: Sifon pro odvod kondenzátu	1 ks
Volná komora, Délka 200 mm	0 Pa
Ohřívací komora vodní, jednořadá, rám pro kapiláru	44 Pa
přípojka topného média G: 5/4", výkon:	51.7 kW
voda: 80/60°C, 2.236 m ³ /h	1.4 kPa
vzduch: 16090 m ³ /h, 9.4/19.0 °C	
Reg.: Regulační uzel RUK, MERUK-32-063-R206-0860-2300	1 ks
Ventilátorová komora s volným oběžným kolem	2 Pa
Průtok vzduchu	16090 m ³ /h
Externí tlaková ztráta	200 Pa
Ventilátor: RH50C Stahl, 2500 ot/min, účinnost: 66%, výkon:	6.24 kW
dynamický tlak: 186 Pa, celkový tlak:	916 Pa
Motor s termokontaktem: 2P160M4, nap.: 400/690 V, 1470 ot/min	
Proud: 21.9/12.6 A, Zapojení: Y/D, krytí: IP55, výkon:	11 kW
frekvenční měnič: 3x400V, 11kW, IP20, 85 Hz	
Hladiny akustických výkonů	Lwa
pásmo	31.5 63 125 250 500 1000 2000 4000 8000 [db(A)]
Hluk do okolí	77 76 68 67 57 51 39 34 30 61
Hluk do sání	82 86 87 84 77 74 71 62 53 81
Hluk do výtlaku	85 90 94 97 95 92 88 83 77 97
Zvlhčovací komora parní, bez zvlhčovače	2 Pa
odvod kondenzátu G: DN32	
Př.: Sifon pro odvod kondenzátu	1 ks
Koncový panel, s velkým otvorem, Klapka	2 Pa

ODVODNÍ ČÁST

Koncový panel, s velkým otvorem, Klapka	2 Pa
Filtrační komora, kapsový filtr F5 - 630	64 Pa
tlaková rezerva na zanesení filtrů	50 Pa
Ventilátorová komora s volným oběžným kolem	2 Pa
Průtok vzduchu	16090 m ³ /h
Externí tlaková ztráta	200 Pa
Ventilátor: RH50C Stahl, 2452 ot/min, účinnost: 63%, výkon:	5.71 kW
dynamický tlak: 186 Pa, celkový tlak:	797 Pa
Motor s termokontaktem: 2P160M4, nap.: 400/690 V, 1470 ot/min	
Proud: 21.9/12.6 A, Zapojení: Y/D, krytí: IP55, výkon:	11 kW
frekvenční měnič: 3x400V, 11kW, IP20, 83 Hz	
Hladiny akustických výkonů	Lwa
pásmo	31.5 63 125 250 500 1000 2000 4000 8000 [db(A)]
Hluk do okolí	76 75 68 67 57 51 39 33 30 61
Hluk do sání	82 87 91 92 87 85 81 74 69 90
Hluk do výtlaku	83 87 90 93 89 85 80 73 67 90
Volná komora, Délka 1700 mm	0 Pa
Rekuperační komora desková viz přívod	218 Pa
Eliminátor kapek	72 Pa
Volná komora, Délka 660 mm	0 Pa
Koncový panel, s velkým otvorem, Klapka	2 Pa

Obr. 65: Návrh sestavy a komponentů VZT jednotky VARIANTA A

zdroj: Vlastní práce; výstup z programu C.I.C. Jan Hřebec

PŘÍLOHA 21: Návrh vyvíječe páry pro parní vlhčení – VARIANTA A

A.01

VARIANTA A

Potřeba páry:

$$M_w = 118,11 \text{ kg/h}$$

Návrh: Elektrodotový parní zvlhčovač HumiSteam 130 kg/h

Parametry:

typ - UE130

Napájecí napětí

Následující tabulka uvádí elektrické údaje, vztahující se k přívodu napájení různých modelů a jejich specifikací.

model	přívod napájení			jmenovité specifikace						
	kód	napětí (1) (V – typ)	proud (2) (A)	CT (viz obr. 5.1)			příkon (2) (kW)	výstup páry (2; 4) (kg/h)	kabel (3) (mm ²)	Jištění (3) (A)
				fáze na CT	otáčky	HODN.CT				
UE090	L	400-3~	97.43	1/2	1	300	67.5	90	70	125 A
	M	460-3~	84.72	1/2	1	300			50	100 A
	N	575-3~	67.78	1/2	1	300			35	80 A
UE130	L	400-3~	140.73	1/2	1	500	97.5	130	95	160 A
	M	460-3~	122.37	1/2	1	300			95	160 A
	N	575-3~	97.90	1/2	1	300			70	125 A

Tabulka 5.1

(1) povolená tolerance na jmenovitém hlavním napětí: -15%, +10%

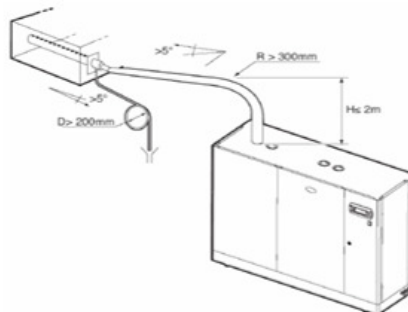
(2) tolerance na jmenovitých hodnotách: +5%, -10% (EN 60335-1)

(3) doporučené hodnoty; viz kabely položené v uzavřených PVC lištách s délkou 20 m; platné normy se musí vždy dodržovat

(4) okamžitá výroba páry: průměrná výroba páry může být ovlivněna vnějšími faktory jako je teplota okolí, kvalita vody, systém distribuce páry.

Tabulka 5.1

- (1) povolená tolerance na jmenovitém hlavním napětí: -15%, +10%
 (2) tolerance na jmenovitých hodnotách: +5%, -10% (EN 60335-1)
 (3) doporučené hodnoty; viz kabely položené v uzavřených PVC lištách s délkou 20 m; platné normy se musí vždy dodržovat
 (4) okamžitá výroba páry: průměrná výroba páry může být ovlivněna vnějšími faktory jako je teplota okolí, kvalita vody, systém distribuce páry.



Obr. 66: Návrh parního vyvíječe pro VZT jednotku VARIANTY A

zdroj: Vlastní práce; Technické listy Carel [27]

PŘÍLOHA 22: VARIANTA B – jednotka č. 2 - B.01

Nabídkový/zadávací list



C.I.C. Jan Hřebec s.r.o.
Na Zlaté stezce 1075
263 01 Dobříš
Česká Republika

Tel: 326 531 311
Fax: 326 531 312

info@cic.cz
nabidky@cic.cz

www.cic.cz

Zadavatel : **FAST VUT BRNO**

Akce : **Diplomová práce**

Projektant: **Ekl Martin**

Číslo nabídky: **2**

Datum: **1.12.2012**

Pozice projektu: **VARIANTA B**

Velikost jednotky: **H16** (řada TP12105), Průřezová rychlost: **2.92 / 2.92 m/s**

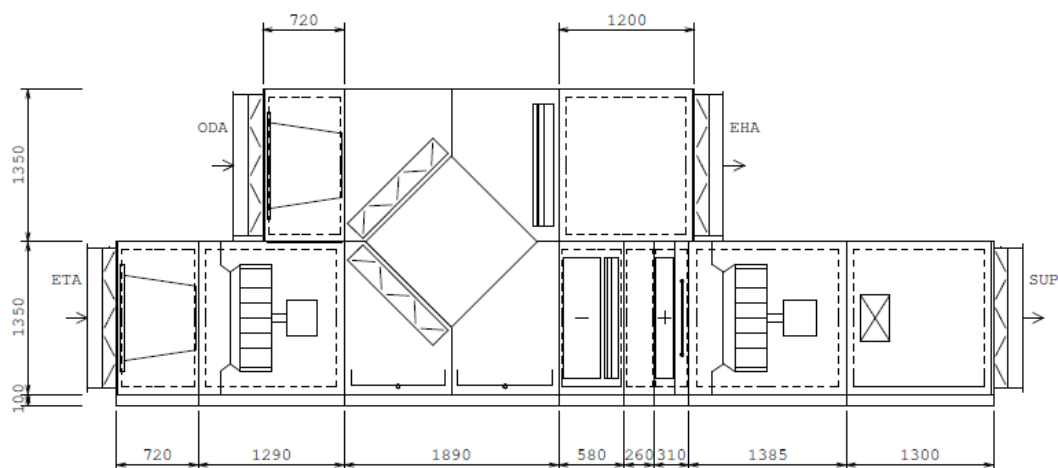
Vlastní rozměry (DxŠxV): **7735 x 1350 x 2800 mm**, tloušťka stěny: **50 mm**

Obrysové rozměry (DxŠxV): **8245 x 1350 x 2800 mm**

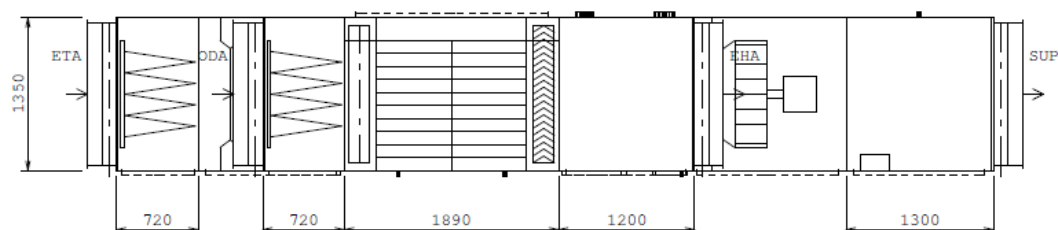
Hmotnost: **1765 kg**, objemová hmotnost izolace: **50 kg/m3**

Provedení pláště vnitřní : **PZ**, vnější strana: **PZ**

Pohled přední



Pohled shora



PŘÍVODNÍ ČÁST

Koncový panel, s velkým otvorem, Klapka	2 Pa
Vyhřívání klapky topným kabelem, příkon 0 W	
Reg.	1 ks
Filtrační komora, kapsový filtr F7 - 630	145 Pa
tlaková rezerva na zanesení filtrů	50 Pa
Rekuperační komora desková, s by passem, se směřováním	326 Pa
přívod: 16400 m ³ /h, -12.0 °C, 99 % / 5.2 °C	
odvod: 16400 m ³ /h, 23.0 °C, 50 % / 9.5 °C	
Teplý zisk: 93.6 kW, účinnost: 49 %	
odvod kondenzátu G: DN32	
Př.: Sifon pro odvod kondenzátu	2 ks
Chladicí komora s přímým výparníkem, , 1 okruh bez elementů	242 Pa
Eliminátor kapek	34 Pa
chladiivo: R 134A, výparná teplota: 6.0 °C, výkon:	157.8 kW
vzduch: 16400 m ³ /h, 29.0/9.5 °C, entalpie: 56.5/27.6 kJ/kg	
odvod kondenzátu G: DN32	

Př.: Sifon pro odvod kondenzátu	1 ks
Volná komora, Délka 200 mm	0 Pa
Ohřívací komora vodní, dvouřadá, rám pro kapiláru	88 Pa
přípojka topného média G: 6/4", výkon:	74.7 kW
voda: 80/60°C, 3.229 m ³ /h	1.2 kPa
vzduch: 16400 m ³ /h, 9.4/23.0 °C	
Reg.: Regulační uzel RUK, MERUK-40-100-R206-1160-2300	1 ks
Ventilátorová komora s volným oběžným kolem	2 Pa
Průtok vzduchu	16400 m ³ /h
Externí tlaková ztráta	200 Pa
Ventilátor: RH63C Stahl, 1684 ot/min, účinnost: 79%, výkon:	6.76 kW
dynamický tlak: 81 Pa, celkový tlak:	1174 Pa
Motor s termokontaktem: 2P160M4, nap.: 400/690 V, 1470 ot/min	
Proud: 21.9/12.6 A, Zapojení: Y/D, krytí: IP55, výkon:	11 kW
frekvenční měnič: 3x400V, 11kW, IP20, 57 Hz	
Hladiny akustických výkonů	Lwa
pásmo	31.5 63 125 250 500 1000 2000 4000 8000 [db(A)]
Hluk do okolí	73 72 64 63 53 46 33 28 25 57
Hluk do sání	78 82 82 82 75 70 65 57 50 77
Hluk do výtlaku	81 86 90 93 91 87 82 77 72 92
Zvlhčovací komora parní, bez zvlhčovače	2 Pa
odvod kondenzátu G: DN32	
Př.: Sifon pro odvod kondenzátu	1 ks
Koncový panel, s velkým otvorem, Klapka	2 Pa

ODVODNÍ ČÁST

Koncový panel, s velkým otvorem, Klapka	2 Pa
Filtrační komora, kapsový filtr F5 - 630	58 Pa
tlaková rezerva na zanesení filtrů	50 Pa
Ventilátorová komora s volným oběžným kolem	2 Pa
Průtok vzduchu	16400 m ³ /h
Externí tlaková ztráta	200 Pa
Ventilátor: RH63C Stahl, 1525 ot/min, účinnost: 77%, výkon:	4.84 kW
dynamický tlak: 81 Pa, celkový tlak:	822 Pa
Motor s termokontaktem: 2P132M4, nap.: 400/690 V, 1460 ot/min	
Proud: 15.1/8.7 A, Zapojení: Y/D, krytí: IP55, výkon:	7,5 kW
frekvenční měnič: 3x400V, 7.5kW, IP20, 52 Hz	
Hladiny akustických výkonů	Lwa
pásmo	31.5 63 125 250 500 1000 2000 4000 8000 [db(A)]
Hluk do okolí	72 71 62 60 50 43 31 26 22 55
Hluk do sání	78 83 85 85 80 77 73 67 61 83
Hluk do výtlaku	79 83 84 86 82 77 72 66 59 84
Rekuperační komora desková viz přívod	360 Pa
Eliminátor kapek	66 Pa
Volná komora, Délka 1140 mm	0 Pa
Koncový panel, s velkým otvorem, Klapka	2 Pa

Obr. 67: Návrh sestavy a komponentů VZT jednotky VARIANTA B

zdroj: Vlastní práce; výstup z programu C.I.C. Jan hřebec

PŘÍLOHA 23: Návrh vyvíječe páry pro parní vlhčení – VARIANTA B

B.01

VARIANTA B

Potřeba páry:

$$M_w = 80,63 \text{ kg/h}$$

Návrh: Elektrodotový parní zvlhčovač HumiSteam 90 kg/h

Parametry:

typ - UE90

Napájecí napětí

Následující tabulka uvádí elektrické údaje, vztahující se k přívodu napájení různých modelů a jejich specifikací.

model	přívod napájení		proud (2) (A)	CT (viz obr. 5.1)			jmenovité specifikace				Schéma zapojení
	kód	napětí (1) (V – typ)		fáze na CT	otáčky	HODN.CT	příkon (2) (kW)	výstup páry (2, 4) (kg/h)	kabel (3) (mm ²)	Jištění (3) (A)	
UE090	L	400-3~	97.43	1/2	1	300			70	125 A	Obr. 5.17
	M	460-3~	84.72	1/2	1	300	67.5	90	50	100 A	
	N	575-3~	67.78	1/2	1	300			35	80 A	
UE130	L	400-3~	140.73	1/2	1	500	97.5	130	95	160 A	Obr. 5.17
	M	460-3~	122.37	1/2	1	300			95	160 A	
	N	575-3~	97.90	1/2	1	300			70	125 A	

Tabulka 5.1

(1) povolená tolerance na jmenovitém hlavním napětí: -15%, +10%

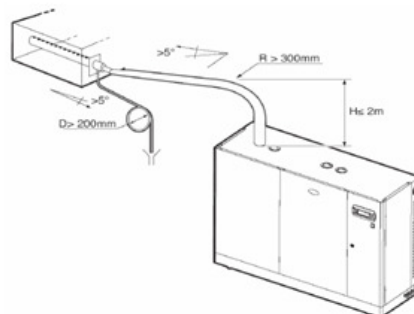
(2) tolerance na jmenovitých hodnotách: +5%, -10% (EN 60335-1)

(3) doporučené hodnoty; viz kabely položené v uzavřených PVC lištách s délkou 20 m; platné normy se musí vždy dodržovat

(4) okamžitá výroba páry: průměrná výroba páry může být ovlivněna vnějšími faktory jako je teplota okolí, kvalita vody, systém distribuce páry.

Tabulka 5.1

- (1) povolená tolerance na jmenovitém hlavním napětí: -15%, +10%
 (2) tolerance na jmenovitých hodnotách: +5%, -10% (EN 60335-1)
 (3) doporučené hodnoty; viz kabely položené v uzavřených PVC listech s délkou 20 m; platné normy se musí vždy dodržovat
 (4) okamžitá výroba páry: průměrná výroba páry může být ovlivněna vnějšími faktory jako je teplota okolí, kvalita vody, systém distribuce páry.



Obr. 68: Návrh parního vyvíječe pro VZT jednotku VARIANTY B

zdroj: Vlastní práce; technické listy Carel [27]

PŘÍLOHA 24: VARIANTA C – jednotka č. 3 - C.01

Nabídkový/zadávací list



C.I.C. Jan Hřebec s.r.o.
Na Zlaté stezce 1075
263 01 Dobříš
Česká Republika

Tel: 326 531 311
Fax: 326 531 312

info@cic.cz
nabidky@cic.cz
www.cic.cz

Zadavatel : **FAST VUT BRNO**
Akce : **Diplomová práce**
Projektant: **Ekl Martin**

Číslo nabídky: **3**
Datum: **17.12.2012**

Pozice projektu: **VARIANTA C**

Velikost jednotky: **HL20** (řada TP12105), Průřezová rychlost: **2.04 / 2.04 m/s**

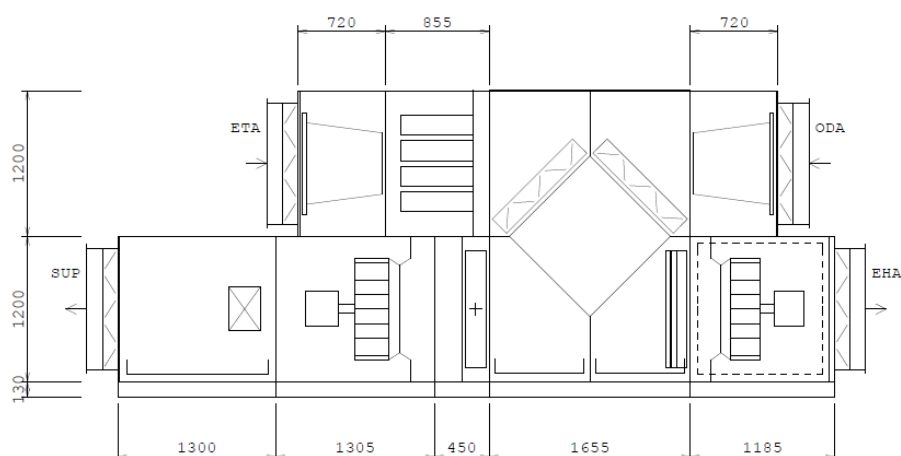
Vlastní rozměry (DxŠxV): **5895 x 1850 x 2530 mm**, tloušťka stěny: **50 mm**

Obrysové rozměry (DxŠxV): **6405 x 1850 x 2530 mm**

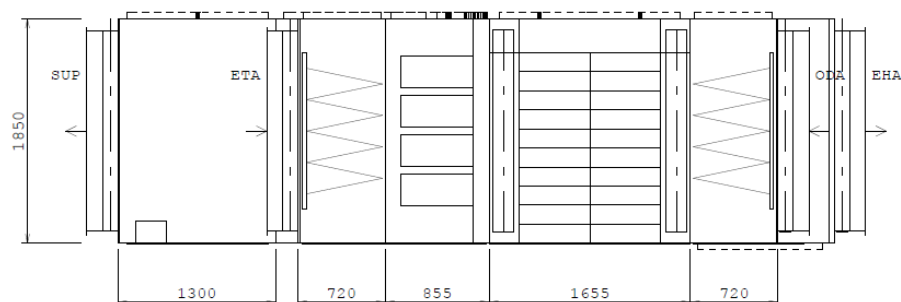
Hmotnost: **1895 kg**, objemová hmotnost izolace: **50 kg/m3**

Provedení pláště vnitřní : **PZ**, vnější strana: **PZ**

Pohled přední



Pohled shora



PŘÍVODNÍ ČÁST

Koncový panel, s velkým otvorem, Klapka	1 Pa
Vyhřívání klapky topným kabelem, příkon 0 W	
Reg.	1 ks
Filtrační komora, kapsový filtr F7 - 630	95 Pa
tlaková rezerva na zanesení filtrů	50 Pa
Rekuperační komora desková, s by passem, se směřováním	166 Pa
přívod: 14170 m3/h, -12.0 °C, 73 % / 4.7 °C	
odvod: 14170 m3/h, 21.0 °C, 50 % / 7.7 °C	
Tepelný zisk: 78.4 kW, účinnost: 50 %	
odvod kondenzátu G: DN32	
Př.: Sifon pro odvod kondenzátu	2 ks
Ohřívací komora vodní, jednořadá, rám pro kapiláru	31 Pa
přípojka topného média G: 5/4", výkon:	64.1 kW
voda: 80/60°C, 2.770 m3/h	2.1 kPa
vzduch: 14170 m3/h, 4.5/18.0 °C	
Reg.: Regulační uzel RUK, MERUK-32-063-R206-0920-2300	1 ks
Ventilátorová komora s volným oběžným kolem	1 Pa
Průtok vzduchu	14170 m3/h
Externí tlaková ztráta	200 Pa
Ventilátor: RH63C Stahl, 1313 ot/min, účinnost: 77%, výkon:	3.09 kW
dynamický tlak: 60 Pa, celkový tlak:	605 Pa
Motor s termokontaktem: 2P112M4, nap.: 400/690 V, 1455 ot/min	
Proud: 8.4/4.8 A, Zapojení: Y/D, krytí: IP55, výkon:	4 kW
frekvenční měnič: 3x400V, 4kW, IP20, 46 Hz	
Hladiny akustických výkonů	Lwa
pásmo	31.5 63 125 250 500 1000 2000 4000 8000 [dB(A)]
Hluk do okolí	68 67 59 57 47 40 27 22 18 51
Hluk do sání	73 77 78 76 69 65 60 52 44 72
Hluk do výtlaku	76 81 85 87 85 81 76 71 65 86
Zvlhčovací komora parní, bez zvlhčovače	1 Pa
odvod kondenzátu G: DN32	
Př.: Sifon pro odvod kondenzátu	1 ks
Koncový panel, s velkým otvorem, Klapka	1 Pa

ODVODNÍ ČÁST

Koncový panel, s velkým otvorem, Klapka	1 Pa
Filtrační komora, kapsový filtr F7 - 630	95 Pa
tlaková rezerva na zanesení filtrů	50 Pa
Filtrační komora, s aktivním uhlím	125 Pa
77 patron, dlouhé, hmotnost náplně: 193.0 kg	
Rekuperační komora desková viz přívod	182 Pa
Eliminátor kapek	40 Pa
Ventilátorová komora s volným oběžným kolem	1 Pa
Průtok vzduchu	14170 m3/h
Externí tlaková ztráta	200 Pa
Ventilátor: RH63C Stahl, 1392 ot/min, účinnost: 79%, výkon:	3.78 kW
dynamický tlak: 60 Pa, celkový tlak:	754 Pa
Motor s termokontaktem: 2P132S4, nap.: 400/690 V, 1460 ot/min	
Proud: 11.3/6.5 A, Zapojení: Y/D, krytí: IP55, výkon:	5,5 kW
frekvenční měnič: 3x400V, 5.5kW, IP20, 47 Hz	
Hladiny akustických výkonů	Lwa
pásmo	31.5 63 125 250 500 1000 2000 4000 8000 [dB(A)]
Hluk do okolí	69 68 60 58 48 41 29 23 20 52
Hluk do sání	74 78 79 79 72 68 63 55 49 75
Hluk do výtlaku	77 82 86 88 86 82 78 72 67 87
Koncový panel, s velkým otvorem, Klapka	1 Pa

Obr. 69: Návrh sestavy a komponentů VZT jednotky VARIANTA C

zdroj: Vlastní práce; výstup z programu C.I.C. Jan Hřebec

PŘÍLOHA 25: Návrh vyvíječe páry pro parní vlhčení – VARIANTA C

C.01

VARIANTA C

Potřeba páry:

$$M_w = 68,67 \text{ kg/h}$$

Návrh: Elektrodotový parní zvlhčovač HumiSteam 90 kg/h

Parametry:

typ - UE90

Napájecí napětí

Následující tabulka uvádí elektrické údaje, vztahující se k přívodu napájení různých modelů a jejich specifikací.

model	přívod napájení			CT (viz obr. 5.1)			jmenovité specifikace				
	kód	napětí (1) (V – typ)	proud (2) (A)	fáze na CT	otáčky	HODN.CT	příkon (2) (kW)	výstup páry (2; 4) (kg/h)	kabel (3) (mm ²)	Jištění (3) (A)	Schéma zapojení
UE090	L	400-3~	97.43	1/2	1	300			70	125 A	
	M	460-3~	84.72	1/2	1	300	67.5	90	50	100 A	Obr. 5.17
	N	575-3~	67.78	1/2	1	300			35	80 A	
UE130	L	400-3~	140.73	1/2	1	500	97.5	130	95	160 A	Obr. 5.17
	M	460-3~	122.37	1/2	1	300			95	160 A	
	N	575-3~	97.90	1/2	1	300			70	125 A	

Tabulka 5.1

(1) povolená tolerance na jmenovitém hlavním napětí: -15%, +10%

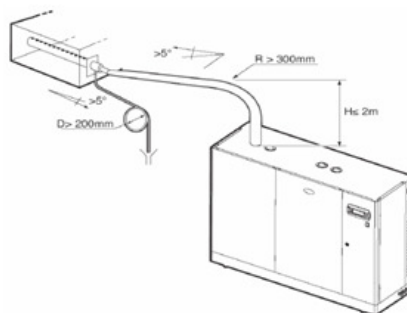
(2) tolerance na jmenovitých hodnotách: +5%, -10% (EN 60335-1)

(3) doporučené hodnoty; viz kabely položené v uzavřených PVC lištách s délkou 20 m; platné normy se musí vždy dodržovat

(4) okamžitá výroba páry: průměrná výroba páry může být ovlivněna vnějšími faktory jako je teplota okolí, kvalita vody, systém distribuce páry.

Tabulka 5.1

- (1) povolená tolerance na jmenovitém hlavním napětí: -15%, +10%
 (2) tolerance na jmenovitých hodnotách: +5%, -10% (EN 60335-1)
 (3) doporučené hodnoty; viz kabely položené v uzavřených PVC listech s délkou 20 m; platné normy se musí vždy dodržovat
 (4) okamžitá výroba páry; průměrná výroba páry může být ovlivněna vnějšími faktory jako je teplota okolí, kvalita vody, systém distribuce páry.



Obr. 70: Návrh parního vyvíječe pro VZT jednotku VARIANTY C

zdroj: Vlastní práce; technické listy Carel [27]

PŘÍLOHA 26: Posouzení povrchové kondenzace potrubí

VARIANTA A

VARIANTA A posouzení pomocí softwarového programu TERUNA v1.5b

Úsek A1: Koncertní sál - chlazení léto, zima, přívodní potrubí

Povrchová kondenzace

Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí Popis:

Výpočet Vymazat Načíst Uložit Optimalizace tloušťky izolace - graf Tisk OK

$t_o[^\circ\text{C}] = 26$
 $RH_o[\%] = 70$
 $a[\text{mm}] = 0$
 $b[\text{mm}] = 0$
 $D[\text{mm}] = 800$
 $\text{Délka}[\text{mm}] = 3300$
 $t_{\text{vst}}[^\circ\text{C}] = 19.02$
 $t_{\text{vst}}[^\circ\text{C}] = 19$
 $RH[\%] = 47$
☐ Hranaté potrubí ☒ Kruhové potrubí

$t_{\text{po}}[^\circ\text{C}] = 25.34$
 $t_{\text{ro}}[^\circ\text{C}] = 20.1$
 $t_{\text{pv}}[^\circ\text{C}] = 19.37$
 $t_{\text{rv}}[^\circ\text{C}] = 7.45$
 $t_i[\text{mm}] = 35$

Průtok vzduchu $[\text{m}^3/\text{h}]$: 10920
 Tepelná vodivost izolace $[\text{W}/\text{mK}]$: 0.035
 Potrubí je situováno v prostředí:
☐ Bez pohybu vzduchu okolo potrubí (podhled)
☒ S mírným pohybem vzduchu (místnost)
☐ Venkovním (povětrnostní vlivy)
 Tepelná ztráta /+zisk/ úseku potrubí $[\text{W}]$: 59.18

➡ **RIZIKO KONDENZACE NA VNĚJŠÍ STRANĚ POTRUBÍ - NAVRHUJI TEPELNOU IZOLACI tl. 35mm**

Úsek A2: Strojovna - léto, přívodní potrubí

Povrchová kondenzace

Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí Popis:

Výpočet Vymazat Načíst Uložit Optimalizace tloušťky izolace - graf Tisk OK

$t_o[^\circ\text{C}] = 29$
 $RH_o[\%] = 50$
 $a[\text{mm}] = 900$
 $b[\text{mm}] = 1000$
 $D[\text{mm}] = 900$
 $\text{Délka}[\text{mm}] = 1450$
 $t_{\text{vst}}[^\circ\text{C}] = 19.05$
 $t_{\text{vst}}[^\circ\text{C}] = 19$
 $RH[\%] = 47$
☐ Hranaté potrubí ☒ Kruhové potrubí

$t_{\text{po}}[^\circ\text{C}] = 22.57$
 $t_{\text{ro}}[^\circ\text{C}] = 17.52$
 $t_{\text{pv}}[^\circ\text{C}] = 22.57$
 $t_{\text{rv}}[^\circ\text{C}] = 7.45$
 $t_i[\text{mm}] = 0$

Průtok vzduchu $[\text{m}^3/\text{h}]$: 14200
 Tepelná vodivost izolace $[\text{W}/\text{mK}]$: 0.035
 Potrubí je situováno v prostředí:
☐ Bez pohybu vzduchu okolo potrubí (podhled)
☒ S mírným pohybem vzduchu (místnost)
☐ Venkovním (povětrnostní vlivy)
 Tepelná ztráta /+zisk/ úseku potrubí $[\text{W}]$: 260.92

➡ **POTRUBÍ NEVYŽADUJE ZAIZOLOVÁNÍ TEPELNOU IZOLACÍ**

Úsek A2: Strojovna - zima, přívodní potrubí

Povrchová kondenzace

Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí Popis:

Výpočet Vymazat Načíst Uložit Optimalizace tloušťka izolace - graf Tisk OK

$t_o[^\circ\text{C}] = 15$
 $RH_o[\%] = 50$

$a[\text{mm}] = 0$
 $b[\text{mm}] = 0$

$tvst[^\circ\text{C}] = 18.99$
 $tvst[^\circ\text{C}] = 19$
 $RH[\%] = 47$

Délka[mm] = 1000

$D[\text{mm}] = 900$

☐ Hranaté potrubí ☒ Kruhové potrubí

$tpo[^\circ\text{C}] = 17.62$
 $tro[^\circ\text{C}] = 4.68$
 $tpv[^\circ\text{C}] = 17.61$
 $trv[^\circ\text{C}] = 7.45$

$tl[\text{mm}] = 0$

Průtok vzduchu [m³/h]: 16090
 Tepelná vodivost izolace [W/mK]: 0.035

Potrubí je situováno v prostředí:

☐ Bez pohybu vzduchu okolo potrubí (podhled)
☒ S mírným pohybem vzduchu (místnost)
☐ Venkovním (povětrnostní vlivy)

Tepelná ztráta /+zisk/ úseku potrubí [W]: -73.25

→ **POTRUBÍ NEVYŽADUJE ZAIZOLOVÁNÍ TEPELNOU IZOLACÍ**

Úsek A3: Strojovna - zima, přívod z exteriéru

Povrchová kondenzace

Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí Popis:

Výpočet Vymazat Načíst Uložit Optimalizace tloušťka izolace - graf Tisk OK

$t_o[^\circ\text{C}] = 15$
 $RH_o[\%] = 50$

$a[\text{mm}] = 950$
 $b[\text{mm}] = 1550$

$tvst[^\circ\text{C}] = -11.96$
 $tvst[^\circ\text{C}] = -12$
 $RH[\%] = 73$

Délka[mm] = 1000

$D[\text{mm}] = 900$

☒ Hranaté potrubí ☐ Kruhové potrubí

$tpo[^\circ\text{C}] = 11.08$
 $tro[^\circ\text{C}] = 4.68$
 $tpv[^\circ\text{C}] = -9.06$
 $trv[^\circ\text{C}] = -15.44$

$tl[\text{mm}] = 20$

Průtok vzduchu [m³/h]: 16090
 Tepelná vodivost izolace [W/mK]: 0.035

Potrubí je situováno v prostředí:

☐ Bez pohybu vzduchu okolo potrubí (podhled)
☒ S mírným pohybem vzduchu (místnost)
☐ Venkovním (povětrnostní vlivy)

Tepelná ztráta /+zisk/ úseku potrubí [W]: 198.74

→ **POVRCHOVÁ KONDENZACE NA VNĚJŠÍ STRANĚ POTRUBÍ - NAVRHOJTE TEPELNOU IZOLACI tl.20mm**

Úsek A4: Strojovna - zima, odvod do exteriéru

[illegible]

Obr. 71: Posouzení kondenzace potrubí pomocí softwaru TERUNA, VAR. A

zdroj: Vlastní práce; výstup z programu TERUNA v1.5b

PŘÍLOHA 27: Posouzení povrchové kondenzace potrubí

VARIANTA B

VARIANTA B posouzení pomocí softwarového programu TERUNA v1.5b

Úsek B1: Koncertní sál - chlazení léto, zima

➔ PŘÍVODNÍ POTRUBÍ BUDE ODIZOLOVÁNO V RÁMCI ZAKRYTÍ KCÍ - FALEŠNÉ SLOUPY

Úsek B2: Strojovna - léto

Povrchová kondenzace

Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí Popis: |

Výpočet Vymazat Načíst Uložit Optimalní tloušťka izolace - graf Tisk OK

$t_o(^{\circ}\text{C}) = 29$
 $\text{RH}_o(\%) = 50$

$a(\text{mm}) = 950$
 $b(\text{mm}) = 1550$

$\text{tvst}(^{\circ}\text{C}) = 23.05$
 $\text{Délka}(\text{mm}) = 1400$
 $\text{tvst}(^{\circ}\text{C}) = 23$
 $\text{RH}(\%) = 37$

☐ Hranaté potrubí
☒ Kruhové potrubí

$t_{po}(^{\circ}\text{C}) = 25.44$
 $t_{ro}(^{\circ}\text{C}) = 17.52$
 $t_{pv}(^{\circ}\text{C}) = 25.44$
 $t_{rv}(^{\circ}\text{C}) = 7.54$

$t(\text{mm}) = 0$

Průtok vzduchu [m^3/h]: 7100
 Tepelná vodivost izolace [W/mK]: 0.035

Potrubí je situováno v prostředí:

☐ Bez pohybu vzduchu okolo potrubí (podhled)
☒ S mírným pohybem vzduchu (místnost)
☐ Venkovním (povětrnostní vlivy)

Tepelná ztráta /+zisk/ úseku potrubí [W]: 139.38

➔ POTRUBÍ NEVYŽADUJE ZAIZOLOVÁNÍ TEPELNOU IZOLACÍ

Úsek B2: Strojovna - zima

Povrchová kondenzace

Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí Popis: |

Výpočet Vymazat Načíst Uložit Optimalní tloušťka izolace - graf Tisk OK

$t_o(^{\circ}\text{C}) = 15$
 $\text{RH}_o(\%) = 50$

$a(\text{mm}) = 950$
 $b(\text{mm}) = 1550$

$\text{tvst}(^{\circ}\text{C}) = 22.93$
 $\text{Délka}(\text{mm}) = 1400$
 $\text{tvst}(^{\circ}\text{C}) = 23$
 $\text{RH}(\%) = 37$

☐ Hranaté potrubí
☒ Kruhové potrubí

$t_{po}(^{\circ}\text{C}) = 19.74$
 $t_{ro}(^{\circ}\text{C}) = 4.68$
 $t_{pv}(^{\circ}\text{C}) = 19.7$
 $t_{rv}(^{\circ}\text{C}) = 7.54$

$t(\text{mm}) = 0$

Průtok vzduchu [m^3/h]: 7100
 Tepelná vodivost izolace [W/mK]: 0.035

Potrubí je situováno v prostředí:

☐ Bez pohybu vzduchu okolo potrubí (podhled)
☒ S mírným pohybem vzduchu (místnost)
☐ Venkovním (povětrnostní vlivy)

Tepelná ztráta /+zisk/ úseku potrubí [W]: -185.83

➔ POTRUBÍ NEVYŽADUJE ZAIZOLOVÁNÍ TEPELNOU IZOLACÍ

Úsek B3: Strojovna - zima, přívod z exteriéru

Povrchová kondenzace

Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí Popis:

Výpočet Vymazat Načíst Uložit Optimalní tloušťka izolace - graf Tisk OK

$t_o(^{\circ}\text{C}) = 15$
 $\text{RH}(\%) = 50$

$a(\text{mm}) = 950$
 $b(\text{mm}) = 1550$
 $\text{Délka}(\text{mm}) = 1400$

$t_{\text{vst}}(^{\circ}\text{C}) = -12$
 $\text{RH}(\%) = 73$
 $t_{\text{výst}}(^{\circ}\text{C}) = -11.95$

☒ Hranaté potrubí ☐ Kruhové potrubí

$t_{\text{po}}(^{\circ}\text{C}) = 11.07$
 $t_{\text{ro}}(^{\circ}\text{C}) = 4.68$
 $t_{\text{pv}}(^{\circ}\text{C}) = -9.12$
 $t_{\text{rv}}(^{\circ}\text{C}) = -15.44$

$t(\text{mm}) = 20$

Průtok vzduchu [m^3/h]: 16090
 Tepelná vodivost izolace [W/mK]: 0.035

Potrubí je situováno v prostředí:

- ☐ Bez pohybu vzduchu okolo potrubí (podhled)
- ☒ S mírným pohybem vzduchu (místnost)
- ☐ Venkovním (povětrnostní vlivy)

Tepelná ztráta /+zisk/ úseku potrubí [W]: 278.89

➡ **POVRCHOVÁ KONDENZACE NA VNĚJŠÍ STRANĚ POTRUBÍ - NAVRHOJÍ TEPELNOU IZOLACI tl.20mm**

Úsek B4: Strojovna - zima, odvod do exteriéru

Povrchová kondenzace

Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí Popis:

Výpočet Vymazat Načíst Uložit Optimalní tloušťka izolace - graf Tisk OK

$t_o(^{\circ}\text{C}) = 15$
 $\text{RH}(\%) = 50$

$a(\text{mm}) = 950$
 $b(\text{mm}) = 1550$
 $\text{Délka}(\text{mm}) = 1400$

$t_{\text{vst}}(^{\circ}\text{C}) = 26$
 $\text{RH}(\%) = 70$
 $t_{\text{výst}}(^{\circ}\text{C}) = 25.99$

☒ Hranaté potrubí ☐ Kruhové potrubí

$t_{\text{po}}(^{\circ}\text{C}) = 15.83$
 $t_{\text{ro}}(^{\circ}\text{C}) = 4.68$
 $t_{\text{pv}}(^{\circ}\text{C}) = 25.38$
 $t_{\text{rv}}(^{\circ}\text{C}) = 20.1$

$t(\text{mm}) = 45$

Průtok vzduchu [m^3/h]: 16090
 Tepelná vodivost izolace [W/mK]: 0.035

Potrubí je situováno v prostředí:

- ☐ Bez pohybu vzduchu okolo potrubí (podhled)
- ☒ S mírným pohybem vzduchu (místnost)
- ☐ Venkovním (povětrnostní vlivy)

Tepelná ztráta /+zisk/ úseku potrubí [W]: -60.53

➡ **RIZIKO KONDENZACE NA VNITŘNÍ STRANĚ POTRUBÍ - NAVRHOJÍ TEPELNOU IZOLACI tl.45mm**

Obr. 72: Posouzení kondenzace potrubí pomocí softwaru TERUNA, VAR. B

zdroj: Vlastní práce; výstup z programu TERUNA v1.5b

PŘÍLOHA 28: Posouzení povrchové kondenzace potrubí

VARIANTA C

VARIANTA C posouzení pomocí softwarového programu TERUNA v1.5b

Úsek C1: Koncertní sál - léto

Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí Popis:

Výpočet Vymazat Načíst Uložit Optimální tloušťka izolace - graf Tisk OK

$t_o[^\circ\text{C}] = 26$
 $\text{RH}_o[\%] = 70$
 $a[\text{mm}] = 950$
 $b[\text{mm}] = 1550$
 $\text{Délka}[\text{mm}] = 1200$
 $\text{D}[\text{mm}] = 900$
 $t_{\text{vst}}[^\circ\text{C}] = 27.99$
 $t_{\text{vst}}[^\circ\text{C}] = 28$
 $\text{RH}[\%] = 47$
☐ Hranaté potrubí ☒ Kruhové potrubí

$t_{\text{po}}[^\circ\text{C}] = 27.2$
 $t_{\text{ro}}[^\circ\text{C}] = 20.1$
 $t_{\text{pv}}[^\circ\text{C}] = 27.19$
 $t_{\text{rv}}[^\circ\text{C}] = 15.64$
 $t[\text{mm}] = 0$

Průtok vzduchu [m³/h]: 8045
 Tepelná vodivost izolace [W/mK]: 0.035
 Potrubí je situováno v prostředí:
☐ Bez pohybu vzduchu okolo potrubí (podhled)
☒ S mírným pohybem vzduchu (místnost)
☐ Venkovním (povětrnostní vlivy)
 Tepelná ztráta /+zisk/ úseku potrubí [W]: -40.32

➡ **POTRUBÍ NEVYŽADUJE ZAIZOLOVÁNÍ TEPELNOU IZOLACÍ**

Úsek C2: Strojovna - zima

Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí Popis:

Výpočet Vymazat Načíst Uložit Optimální tloušťka izolace - graf Tisk OK

$t_o[^\circ\text{C}] = 15$
 $\text{RH}_o[\%] = 50$
 $a[\text{mm}] = 950$
 $b[\text{mm}] = 1550$
 $\text{Délka}[\text{mm}] = 5800$
 $\text{D}[\text{mm}] = 900$
 $t_{\text{vst}}[^\circ\text{C}] = 25.7$
 $t_{\text{vst}}[^\circ\text{C}] = 26$
 $\text{RH}[\%] = 50$
☐ Hranaté potrubí ☒ Kruhové potrubí

$t_{\text{po}}[^\circ\text{C}] = 20.76$
 $t_{\text{ro}}[^\circ\text{C}] = 4.68$
 $t_{\text{pv}}[^\circ\text{C}] = 22.04$
 $t_{\text{rv}}[^\circ\text{C}] = 14.77$
 $t[\text{mm}] = 0$

Průtok vzduchu [m³/h]: 8645
 Tepelná vodivost izolace [W/mK]: 0.035
 Potrubí je situováno v prostředí:
☐ Bez pohybu vzduchu okolo potrubí (podhled)
☒ S mírným pohybem vzduchu (místnost)
☐ Venkovním (povětrnostní vlivy)
 Tepelná ztráta /+zisk/ úseku potrubí [W]: -936.83

➡ **POTRUBÍ NEVYŽADUJE ZAIZOLOVÁNÍ TEPELNOU IZOLACÍ**

Úsek C3: Strojovna - zima, přívod z exteriéru

Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí Popis:

Výpočet Vymazat Načíst Uložit Optimalní tloušťka izolace - graf Tisk OK

$t_o[^\circ\text{C}] = 15$
 $RH_o[\%] = 50$

$a[\text{mm}] = 950$
 $b[\text{mm}] = 1550$

$tv_{\text{st}}[^\circ\text{C}] = -11.96$
 $tv_{\text{st}}[^\circ\text{C}] = -12$
 $RH[\%] = 73$

Délka[mm] = 1170

☐ Hranaté potrubí
☒ Kruhové potrubí

$tp_o[^\circ\text{C}] = 11.03$
 $tr_o[^\circ\text{C}] = 4.68$
 $tp_v[^\circ\text{C}] = -9.4$
 $tr_v[^\circ\text{C}] = -15.44$

$tl[\text{mm}] = 20$

Průtok vzduchu [m³/h]: 8645
 Tepelná vodivost izolace [W/mK]: 0.035

Potrubí je situováno v prostředí:

☐ Bez pohybu vzduchu okolo potrubí (podhled)
☒ S mírným pohybem vzduchu (místnost)
☐ Venkovním (povětrnostní vlivy)

Tepelná ztráta /+zisk/ úseku potrubí [W]: 135.89

➡ **POVRCHOVÁ KONDENZACE NA VNĚJŠÍ STRANĚ POTRUBÍ - NAVRHUJI TEPELNOU IZOLACI tl.20mm**

Úsek C4: Strojovna - zima, odvod do exteriéru

Povrchová kondenzace a tepelná ztráta potrubí Popis:

Výpočet Vymazat Načíst Uložit Optimalní tloušťka izolace - graf Tisk OK

$t_o[^\circ\text{C}] = 15$
 $RH_o[\%] = 50$

$a[\text{mm}] = 0$
 $b[\text{mm}] = 0$

$tv_{\text{st}}[^\circ\text{C}] = 20.82$
 $tv_{\text{st}}[^\circ\text{C}] = 21$
 $RH[\%] = 50$

Délka[mm] = 5400

☐ Hranaté potrubí
☒ Kruhové potrubí

$tp_o[^\circ\text{C}] = 18.63$
 $tr_o[^\circ\text{C}] = 4.68$
 $tp_v[^\circ\text{C}] = 18.52$
 $tr_v[^\circ\text{C}] = 10.19$

$tl[\text{mm}] = 0$

Průtok vzduchu [m³/h]: 8645
 Tepelná vodivost izolace [W/mK]: 0.035

Potrubí je situováno v prostředí:

☐ Bez pohybu vzduchu okolo potrubí (podhled)
☒ S mírným pohybem vzduchu (místnost)
☐ Venkovním (povětrnostní vlivy)

Tepelná ztráta /+zisk/ úseku potrubí [W]: -548.53

➡ **POTRUBÍ NEVYŽADUJE ZAIZOLOVÁNÍ TEPELNOU IZOLACÍ**

Obr. 73: Posouzení kondenzace potrubí pomocí softwaru TERUNA, VAR. C

zdroj: Vlastní práce; výstup z programu TERUNA v1.5b